学一门手艺丛书

电风扇原理与维修技术

王 伦 编

025.1

新时代出版社

内 容 简 介

你想掌握电风扇原理与维修的技能吗？劝你不妨读一读这本书！

本书是为了配合职业教育的需要，培养有专门技能的人而出版的。

本书内容通俗易懂，联系实际。全书分为概述、电磁基础知识、风扇电动机、电风扇结构、电风扇的选用、组装和保养、电风扇常见故障及维修方法、电风扇发展趋势等七章。

作者从初中物理的电学和电磁学出发，适当引入了高中物理和电工基础的一些知识。着眼于培养动手能力，根据现象分析故障的内在原因，从而达到较快地排除故障的目的。

本书有大量插图。

本书可供初中文化水平的在校学生，城市、农村、部队青年，以及本专业维修工人和业余爱好者阅读。本书还可做职业高中、技校和技术培训班的教材。同时也是较好的自学读本。

电风扇原理与维修技术

王 伦 编

责任编辑 宋桂珍

新时代出版社出版 新华书店北京发行所发行

国防工业出版社印刷厂印刷

850×1168毫米 32开本 5.375印张 139千字

1986年12月第1版 1986年12月北京第1次印刷

印数：00,001—33,300册

统一书号：15241·100 定价：1.25元

出版者的话

当前的职业教育方兴未艾，不仅是职业学校在校学生，广大城市、农村和部队青年都热望能够更快地掌握一种或多种专业技能。

为了配合这种需要，我社敦请了富有教学与实践经验的教师和专业技术人员，编写了《学一门手艺》丛书。

丛书将分几批陆续出版。第一批有以下五种：《电视机原理与维修技术》、《收音机和盒式收录机原理与维修技术》、《电风扇原理与维修技术》、《电冰箱原理与维修技术》和《APPLE Ⅱ电脑的使用与维护》。

写作“丛书”力求做到语言通俗易懂，讲解循序渐进，理论密切联系实际，以引导读者较快地掌握一种或几种维修和使用的技能。

“丛书”编入了有参考价值的图表数据，为了启发读者的思路，巩固所学知识，有的书内附有复习思考题。

在写作第一批书时，沈大林同志做了大量组织与协调工作，在此表示衷心的感谢。

由于时间仓猝，编辑水平有限，热忱地希望广大读者对书中存在的问题提出宝贵意见。

目　录

第一章　概述 …… 1
第一节　电风扇分类 …… 1
第二节　电风扇规格型号 …… 2
第三节　电风扇质量要求 …… 4
第四节　电风扇基本结构 …… 7
第二章　电磁基础知识 …… 8
第一节　磁及其性质 …… 8
第二节　磁场的几个物理量 …… 10
第三节　电磁感应知识 …… 14
第四节　电动机常用术语 …… 19
第三章　风扇电动机 …… 23
第一节　风扇电动机分类 …… 23
第二节　单相罩极式异步电动机 …… 24
第三节　单相电容式电动机 …… 33
第四节　三相异步电动机 …… 45
第五节　直流和交直流两用电动机 …… 56
第四章　电风扇结构 …… 67
第一节　电风扇机械结构 …… 67
第二节　电风扇电气结构 …… 85
第五章　电风扇选用、组装和保养 …… 93
第一节　电风扇类型的选择 …… 93
第二节　电风扇型号规格的选择 …… 96
第三节　怎样选购电风扇 …… 97
第四节　电风扇使用和保养 …… 102
第五节　电风扇的检查与组装 …… 109
第六章　电风扇常见故障及维修方法 …… 113
第一节　维修工具及应注意事项 …… 113

第二节　电动机故障分析及维修 ……116
第三节　通用电机换向器的修理 ……123
第四节　电扇慢速档噪声排除方法 ……125
第五节　怎样检查更换轴承 ……128
第六节　吊扇的使用与维修 ……131
第七节　电风扇漏电的排除及安全用电 ……133
第八节　常见故障分析及处理方法 ……135
第七章　电风扇发展趋势 ……146
附录 ……157

第一章　概　　述

电风扇是一种通过电动机将电能转化为机械能，带动风叶旋转，加速空气的流动，从而达到改变局部环境的温度、湿度，并实现通风换气之目的的电器产品。

电风扇结构简单、易于使用和维修。电气性能要求标准高、运转稳定、使用安全，并具有风量大、噪音小、震动小、易放置、可移动以及省电等优点。电风扇有多种类型和不同规格，可广泛应用于家庭生活、学习、工作、旅游、客运及工、农业生产等不同环境和场所。

第一节　电风扇分类

电风扇分类方法有多种，下列三种分类较有代表性。

一、按供电性质分类

电风扇按供电性质可分为交流（三相交流、单相交流）、直流、交直流两用三大类。三相交流电风扇常应用于工、农业生产中。单相交流电风扇常用于家庭生活、办公室等小型场所。直流电风扇常用于仪器仪表等设备。交直流两用电风扇适于飞机、船舶及车辆上使用。

二、按电动机型式分类

1．交流电动机包括三相交流异步电动机、单相交流罩极式电动机和单相交流电容运转式电动机；

2．直流电动机包括串激式电动机、并激式电动机、复激式电动机和永磁式电动机；

3．交直流两用电动机。

三、按结构特征和用途分类

电风扇按结构特征和用途可分为台扇、台地扇、落地扇、壁

扇、顶扇、排气扇、方形扇、专用仪表扇、单扇、降温扇和扬谷扇等。

通过合理设计、改变结构和增加功能，又可派生出很多新品种，如，箱形扇、薄型扇、冷风扇、鸿运扇、喷香扇、三用扇、感应扇、冷热风扇以及换气扇等。详见本书第四章。

第二节　电风扇规格型号

一、电风扇风叶规格

电风扇的规格通常以风叶最大旋转轨迹的直径的大小来区分。度量单位有 in（英寸）和 mm（毫米）两种。

表 1-1 中列举了常见风叶公、英制尺寸对照表。

表1-1　电风扇风叶公、英制尺寸对照表

公　　制（mm）	英　　制（in）
200	8
250	10
300	12
350	14
400	16
900	36
1200	48
1400	56
1500	60

二、电风扇型号

电风扇隶属“空气调节器类”。代表符号为“K”。电风扇的组别代表符号为“F”。因空气调节器类的品种繁多，使用范围很广泛，所以，一般都将符号“K”省略，不写在产品型式代号里。符号“F”明确表示电风扇，故为电风扇型号的第一个字符。

电风扇一般以供电方式或电动机结构特征来区分其所属系列，以风扇的整体结构特征和使用方式来区分其型式。

表 1-2 列举了常见的几种电风扇的系列符号和型式符号及不同符号所含的意义。

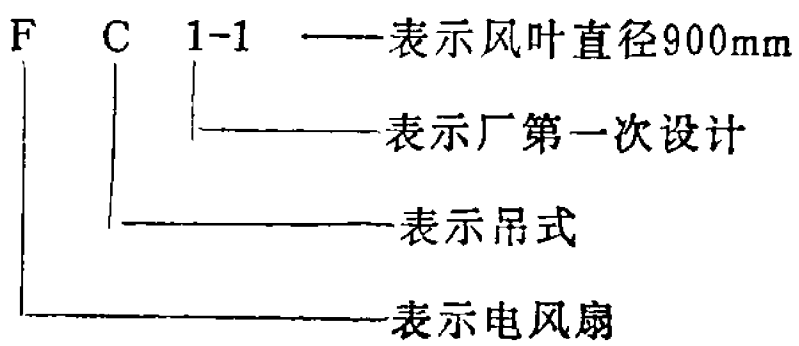
表1-2　电风扇的系列代号、型式代号、及各代号的意义

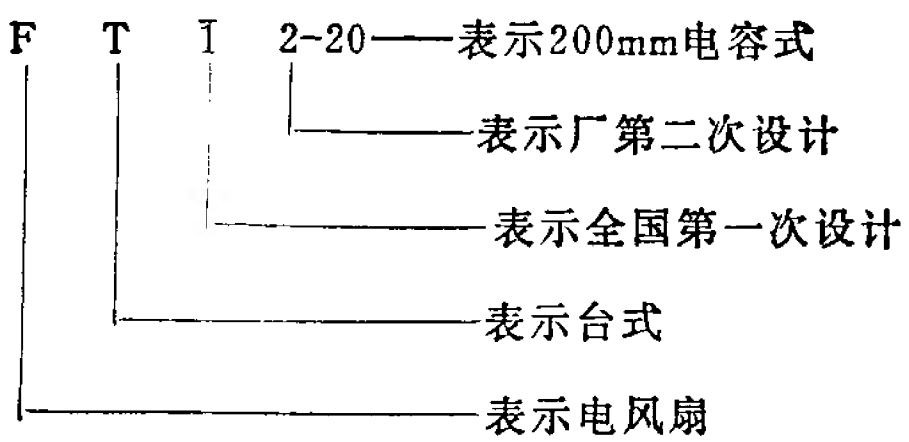
系列符号及其意义	型式符号及其意义
H——罩极式	A——轴流式排气扇
R——电容式（可省略）	B——壁式电风扇
T——三相交流	C——吊式电风扇
Z——直流	D——顶式电风扇
	E——台地式电风扇
	T——台式电风扇
	S——落地式电风扇
	Y——转页式电风扇

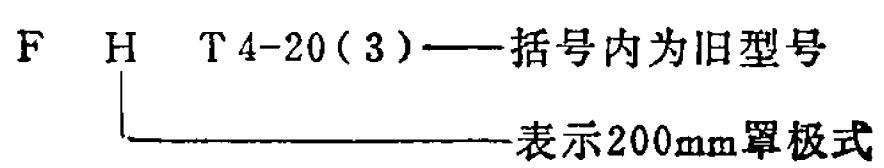
三、电风扇规格型号的组成

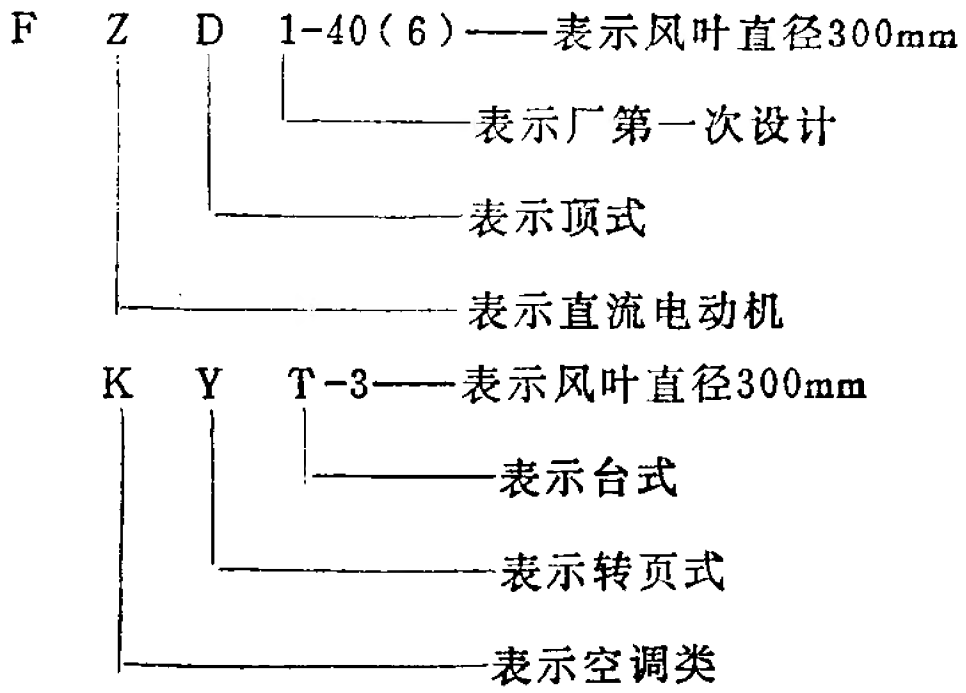
一个完整的电风扇规格型号是由组别符号、系列符号、型式符号、设计序号、规格符号、派生符号等组合而成的。

例如：

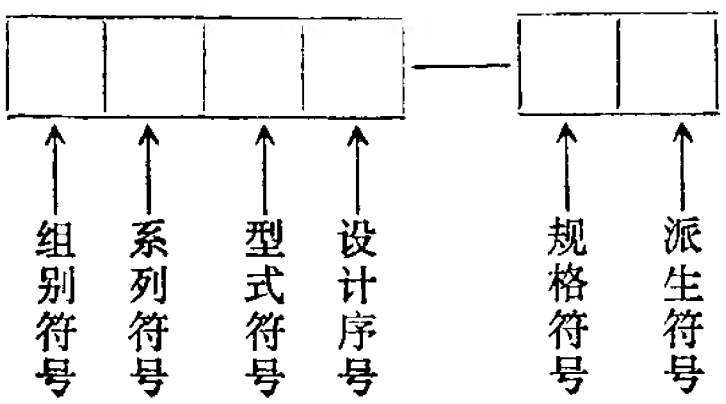








规格型号标于铭牌上，其排列顺序如下：



第三节　电风扇质量要求

对电风扇的质量要求可概括如下几点：

一、具有良好的安全性

根据国家标准规定，各种电风扇的绝缘性能必须良好，一般为A级或E级绝缘，并具有良好的防潮、耐压和接地特性。绝缘电阻最低不小于0.5MΩ，接地电阻要小而泄漏电流不大于0.3mA，以确保使用者的人身安全。

二、运转稳定风量大

电风扇在额定电压和额定频率下，要起动灵敏，在3～5秒内即达到全速运转，且运转平稳、转速比理想、风压均匀。各档转速应有明显区分，如，台扇最低速档的转速应不大于全速的70%（电容式）或80%（罩极式），吊扇应不大于50%。常用风扇的风量、使用值（风扇在额定条件下全速运转时所送出的总风量与输入功率之比值）和耗用功率见表1-3。

表1-3　常用风扇的风量、使用值和耗用功率

项目 \ 风扇规格（mm）	罩极式			电容式			
	200（8 in）	230（9 in）	250（10in）	250（10in）	300（12in）	350（14in）	400（16in）
风（m^3/min）	16	20	24	24	34	46	60
耗用功率（W）	32	38	45	32	46	54	66
使用值（m^3/min·W）	0.50	0.53	0.55	0.70	0.75	0.85	0.90
风速为1 m/s时离风扇的距离	2～3 m		2.4～3.4 m	2.4～3.4 m	2.7～3.8 m	3～4.4 m	3.6～5.2 m

注：数字的上限为低速，下限为高速。

三、温升状况

电风扇各部分的温升要求均很严格，绝不允许超过规定，否则，吹出来的风是热的而无凉爽感。在正常情况下开动快速档运转半小时后，不应有明显温升。经过两小时运转后，手触摸电动机外壳只有微热感觉。

一般规定如下（电阻法测量）：A级绝缘绕组部分的温升不能超过55℃，铁芯部分的温升不得超过45℃；E级绝缘绕组部分的温升不能超过70℃，铁芯部分的温升不得超过60℃，机壳表面的温升不得超过30℃（环境温度以40℃为准）。

四、噪音

电风扇产生噪音的原因很多，如、电磁噪音、机械噪音和风叶旋转时推动空气流动产生的涡流声、网罩抖动声以及齿轮啮合的声响等。

合格的电风扇允许噪音在60dB以下，但应是均匀的而不应有明显的碰击声、摩擦声或其他杂音。通常，在离风扇1m的半径空间范围内，风扇全速运转而没有明显噪音（包括不均匀杂音），即为一台较好的电风扇。

为达到较理想的噪音水平，在设计电动机时应选择适当的转差率、定子和转子槽数应匹配，同时，选用较低的磁通密度和最佳的风叶形状、风叶数目、风叶扭角以及材料等。

五、铭牌和商标

铭牌一般放置于不影响美观而又醒目的地方，如，底座前后或扇头后盖等位置。

铭牌上标有商标、型号、输入功率、规格、电压、频率、货号等等。钻石牌风扇铭牌如图 1-1 所示。图中FT18-6 40CM，F表示电风扇，T表示台式，18表示设计序号，6及40CM表示风叶直径是400mm，40BS表示货号，220V表示使用电压，50C/S即适合于每秒50周波范围内使用，65W表示输入功率65瓦。全称为400mm钻石牌交流电式容式台扇。

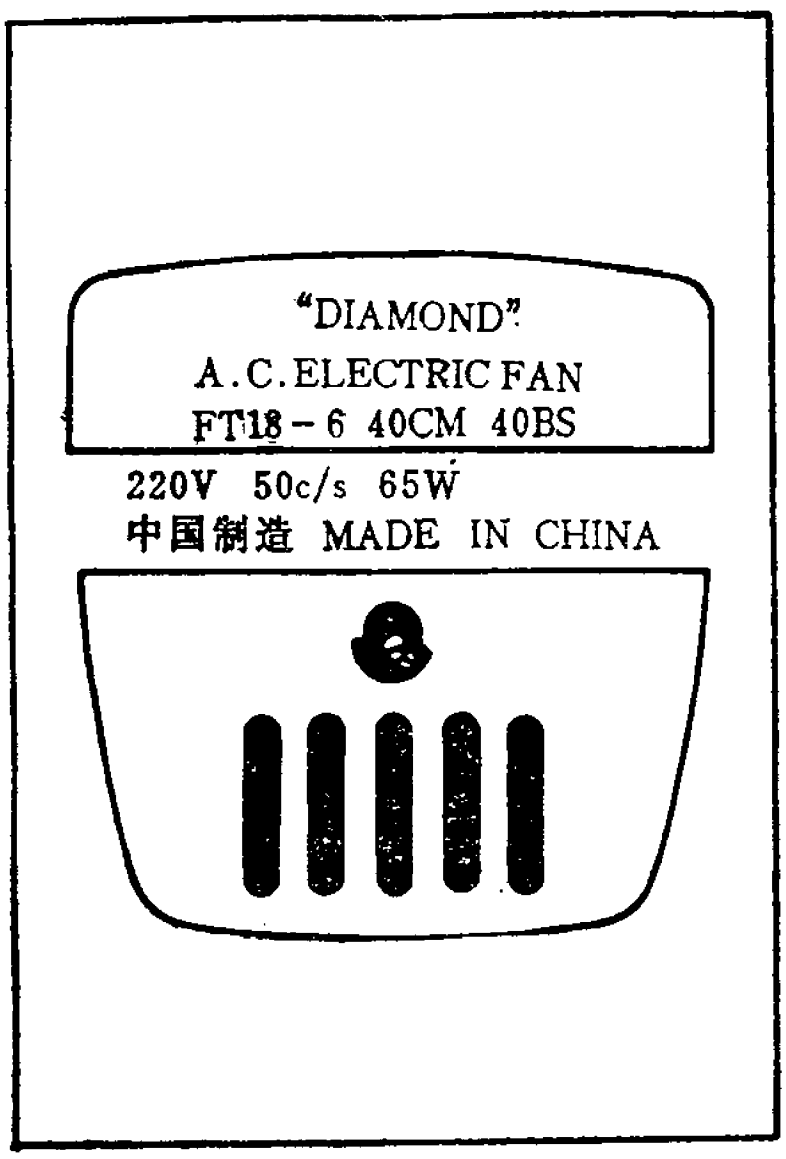


图1-1　铭牌

商标为产品经有关部门检验测试合格后所注册的牌子。例如，钻石牌以钻石图案为标志，五羊牌以五只羊为标志，飞鹿牌以飞

跑的小鹿为标志。各种牌子都设计有醒目而又独特的图案作商标、也有用文字或汉语拼音字母表示的。出口电风扇附加外文，一般都放置于前网罩装饰环中心处等醒目之处。

第四节　电风扇基本结构

电风扇的供电性质、电动机型式及规格种类繁多，型式各异，但基本的结构则有风叶、网罩（前网罩和后网罩）、电动机（又称扇头）、变速箱、摇头机构、连接头、调速机构及底座支撑部分等相同部件。

电风扇应用相当普及，因此，对其构造、使用及维修技术的了解和掌握十分必要。

第二章　电磁基础知识

电与磁是电学中的两个基本现象。但它们之间有着密切的联系，如电动机、发电机、变压器、电工仪表、电磁铁、继电器等很多电气设备的工作原理都与电磁的基本原理有关。基础知识是学习应用技术的工具。

第一节　磁及其性质

一、磁铁的基本性质

我国劳动人民早在公元前三百年(战国末年)，就发现了磁石吸铁的现象。人们又称其为“吸铁石”（天然磁体)。到公元十一世纪（宋朝)，利用天然磁体制成了“司南”(又称指南针)。

工业上所用的永久磁铁是由铁、钴、镍合金制成的，又称磁钢。磁铁可根据需要加工成环形、蹄形、条形、针形等形状，如图 2-1 所示为几种人造磁钢。

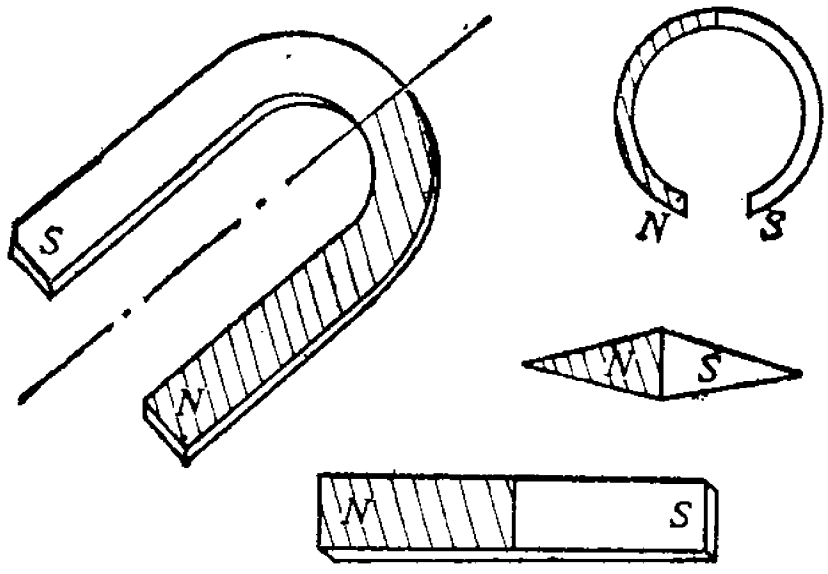


图2-1　磁钢

天然磁铁和人造磁钢能长久保持磁性，总称为永久磁铁。它具有如下性质：

1．如将磁铁悬空吊起，并使其能够自由旋转。当它静止时，一端指南，另一端指北。磁铁指北的一端称之为“北极”，用字母“N”表示；其指南的一端称之为“南极”，用字母“S”表示。

2．磁铁的不同部位对铁、钴、镍等物质具有不同的吸引力，但N极或S极的吸引力总是最强的。这两个吸引力最强的端是磁

铁的“磁极”。

3．磁极之间存在着互相作用的力——磁力。（自己动手作个实验：使两磁铁的N或S极相接近，再使两磁铁的N极和S极相接近）通过实验可得知，“同性磁极相互排斥，异性磁极相互吸引”。

4．任何磁铁都永远具有N和S两个磁极异性磁极。两磁极始终互相依存，既不能互相抵消，也不能绝对分开。而正、负电荷则可以独立存在。这是磁极和电荷在现象上的基本区别。

二、磁场

磁铁吸引具有铁性质物体的力量，我们称之为“磁力”。若具有铁性质的物质距离磁铁太远，就不能被吸引了，可见，磁铁的磁力作用只能达到一定范围，这个范围存在着“磁场”。磁场是一种特殊物质。

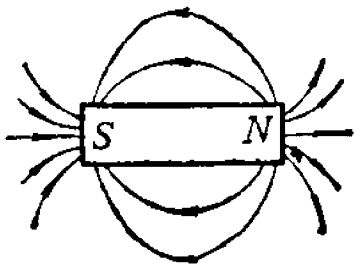


图2-2　磁力线分布

为形象说明起见，用“磁力线”来表示磁场的性质。

图2-2所示为条形磁铁的磁力线分布（磁场在空间的分布情况）。

磁力线有如下特征：

1．磁场的强弱以磁力线的疏密来表示，在磁铁的外部，靠近两磁极处的磁力线最密，说明磁极附近磁场最强；

2．在磁铁外部的磁力线是自N极出发经过空间到S极而进入磁铁。在磁铁内部，磁力线从S极到N极，构成一个环形闭合曲线。这些磁力线彼此不会相互交叉在一起。若磁力线是一些分布均匀的平行线，则表明这是一个均匀磁场；

3．所有磁力线离开磁极或进入磁极时，其方向总是与磁铁的表面垂直的；

4．磁力线可以扩大、变形和弯曲，而且总是有力求缩短的趋向。

磁场方向判定，可借助小磁针，即将小磁针放于磁场中某点，

待磁针处于静止时，其N极所指的方向即为磁场方向，也就是磁力线该点的切线方向。应用磁铁“同性磁极相斥、异性磁极相吸引”的原理，可用小磁针置于电动机磁极附近，观其偏转方向，即可判断电动机磁极的极性。

第二节　磁场的几个物理量

一、磁感应强度

磁场中垂直于磁场方向的通电导体，其所受到的磁场作用力F与电流强度I和导线长度l的乘积Il的比值，叫做通电导线所在处的“磁感应强度”。如用B表示磁感应强度，则，

$$B=\frac{F}{Il} \tag{2-1}$$

磁感应强度是一个矢量，它的大小如（2-1）式所示，它的方向就是被测点的磁场方向。磁感应强度以字母B表示。

磁感应强度B的单位由F、I和l的单位决定。在法定计量单位制中，F的单位为N（牛顿），I的单位为A（安培），l的单位为m（米），B的单位为T（特斯拉），则，

$$1\mathrm{T}=1\mathrm{N/A\cdot m}\quad（1\text{特斯拉}=1^{\text{牛顿}}/_{\text{安培}\cdot\text{米}}）$$

也就是说，1米长的导线，通过1安培的电流，在磁场中受到的作用力是1牛顿时，磁感应强度为1特斯拉。磁感应强度又可以称为磁通密度，单位是$\mathrm{Wb/m^2}$（$^{\text{韦伯}}/_{\text{米}^2}$），$1\mathrm{T}=1\mathrm{Wb/m^2}$。

应注意的是对于磁场中给定的一点来说，磁感应强度B的值为一个常数，但对于磁场中不同位置的点，它们的磁感应强度就不一定相同了。

二、匀强磁场

如图2-3所示，为永久磁铁间的匀强磁场。

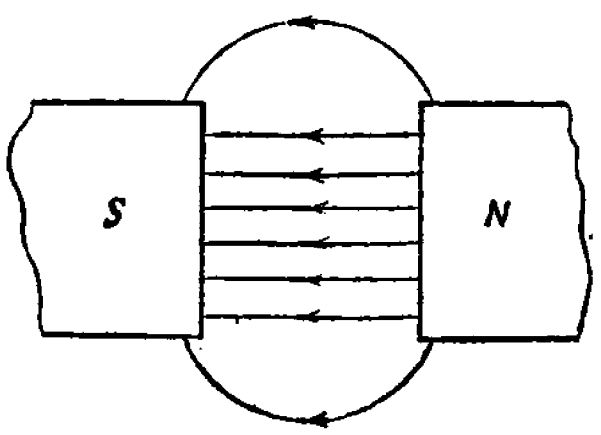


图2-3　永久磁铁间的匀强磁场

在磁场里，不同的地方磁感应强度的大小和方向一般是不同的。如果在磁场的某一个区域

里，磁感应强度的大小和方向处处相同，这个区域就叫做匀强磁场。

在匀强磁场里，由于各处的磁感应强度的方向都相同，磁力线是互相平行的直线，磁感应强度的大小也都相同，因此，磁力线的疏密程度也一样。

匀强磁场是最简单但却很重要的磁场。在电磁仪器、仪表和科学实验中常常用到它。电机设计、制造中，匀强磁场也是一个极重要的项目。

三、磁通

在分析电磁感应现象和磁路问题时，常常需要考虑磁场中某一截面上的磁场情况。为此，引出一个物理量——磁通量。

磁感应强度B和与之相垂直的面积S的乘积叫做通过该面积的磁通，以字母Φ表示。

在均匀磁场中，磁通计算公式为：

$$\Phi = BS \tag{2-2}$$

在法定计量单位中，B的单位为 Wb/m^2（韦伯/米^2），S的单位为 m^2(米^2)，磁通Φ的单位就是 Wb(韦伯)，简称“韦”。

由 2-2 式可得：

$$B = \frac{\Phi}{S}$$

此式说明磁感强度就是与磁场垂直的单位面积上的磁通。因此，磁感应强度又称磁通密度（简称磁密）。

四、磁导率

在一个磁极的周围，各点磁场的强弱除了与各点跟磁极间的距离有关以外，还与包围磁极的物质（媒介质）有关。当其他条件相同时，在某些媒介质中磁感应强度要比在真空中强一些，而在另一些媒介质中磁感强度要比在真空中弱一些。通常用相对导磁率μ（又称导磁系数）来表示在其他条件相同的情况下，媒介质中的磁感应强度是真空中的多少倍。μ值越大，说明该物质导磁性质越好。如硅钢片、铁、铁淦氧体、坡莫合金等就具有较高

的μ值。这类物质中所产生的磁感应强度要比在真空中的强几千倍，甚至几万倍。

磁导率的单位是H/m（亨/米）。

实验确定了真空的磁导率为μ_0

即 $$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \mathrm{H/m}$$

相对磁导率以字母μ_r表示。

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} \quad 或 \quad \mu = \mu_r \cdot \mu_0 \tag{2-3}$$

由于顺磁性物质与反磁性物质的相对导磁系数都接近于1，因而，工程计算中，除铁磁性物质外，其他物质的相对磁导率均可认为等于1，并称之为非磁性材料。

磁导率μ远大于真空的磁导率μ_0的物质称为铁性物质。表2-1为铁磁物质的相对磁导率。

表2-1 铁磁物质的相对磁导率

物质名称	相对磁导率μ_r
钴	174
未退火的铸铁	240
已退火的铸铁	620
变压器钢片	7500
真空中熔化的电解铁	12950
镍铁合金	60000
“C”型坡莫合金	115000
镍	1120
软钢	2180
已退火的铁	700

五、磁场强度

磁场强度是表示磁场特性的一个物理量。

磁场中某点的磁场强度大小等于该点的磁感应强度与介质磁导率μ的比值，用符号H表示。

$$H = \frac{B}{\mu} = \frac{B}{\mu_r \mu_0} \tag{2-4}$$

或 $$B=\mu H=\mu_r\mu_0 H$$

在法定计量单位中，磁场强度的单位为A/m（安培/米）。

磁场强度是一个矢量，它的方向与该点的磁感应强度方向一致。

六、磁化

使原来不显磁性的物体在磁场中获得磁性的过程称为磁化。

图 2-4 所示为磁化示意图。

图2-4 磁化

（a） 无外磁场；（b） 存在外磁场。

七、磁路基本概念

磁通所通过的路径称为磁路，如图 2-5 所示。为能获得较强磁场，使大部分磁通集中在一定的路径上通过。常常把线圈绕在铁芯上，当线圈通电后产生很强的磁场，并且大部分磁力线集中在铁芯中形成闭合回路。这个闭合回路称作磁路或主磁通Φ。

实验证明：增大电流 I 或增加线圈匝数 N，都可增大磁通Φ。可见，IN乃是建立磁通之因，所以，把IN的乘积作磁路中的磁动势。

如果把相同的磁势加到不同的磁路中去，所获磁通不同。这说明磁路对磁势建立磁通有阻碍作用，因此，称之为磁阻，用符号 R_m 表示。

如图2-5所示，如铁芯截面积为 S，长度为 l，线圈通过电流为 I。则磁势、磁通与磁阻的关系可按磁路欧姆定律进行计算，计算式为：

$$\Phi=\frac{IN}{R_m} \tag{2-5}$$

磁路磁阻的大小与构成磁路材料的性质及其几何尺寸有关，

其关系式为：

$$R_m = \frac{l}{\mu S} \tag{2-6}$$

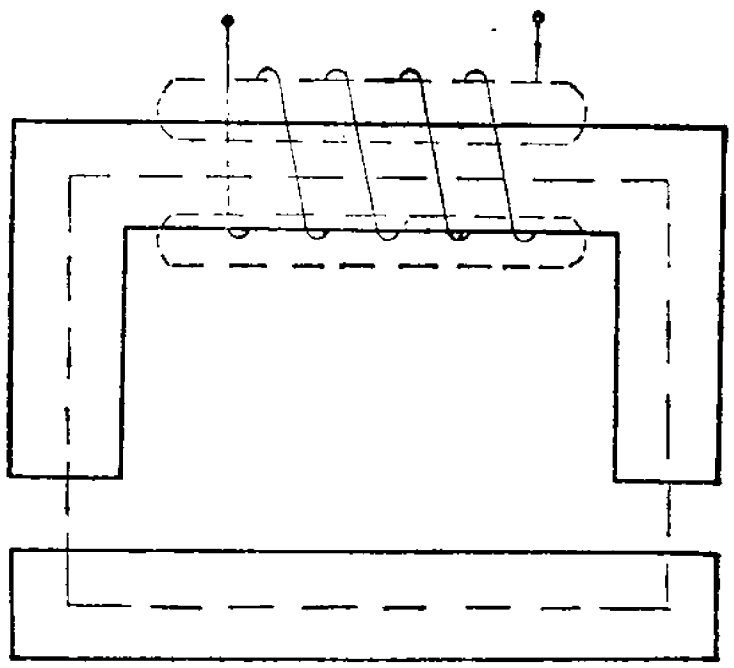


图2-5　磁路

磁阻的单位是1/H(1/亨)。磁阻的倒数为磁导，用G_m表示，即，

$$G_m = \frac{1}{R_m} = \frac{\mu S}{l} \tag{2-7}$$

磁导的单位为亨利，简称“亨”。

第三节　电磁感应知识

电动机是一个将电能转换为机械能的转换器。这种能量转换的实现，主要归结于法拉第的电磁感定律。这是学习电风扇原理必备的知识。

电磁感应现象可概括成两个内容。一是由电磁感而产生的电动势，称为感应电流。其现象的本质相同而表现形式不同。

一、右手螺旋定则

当一条长直导线通有电流时，电流周围磁场的磁力线是一些以导线上各点为圆心的同心圆。这些同心圆都在跟导线垂直的平面上。直线电流的方向和其磁力线的方向之间的关系可用右手螺

旋定则（安培定则）直接判断。如图2-6（a）所示，用右手握住导线，让大拇指所指的方向跟电流的方向相同，则其余弯曲的四指所指的就是磁力线的方向。

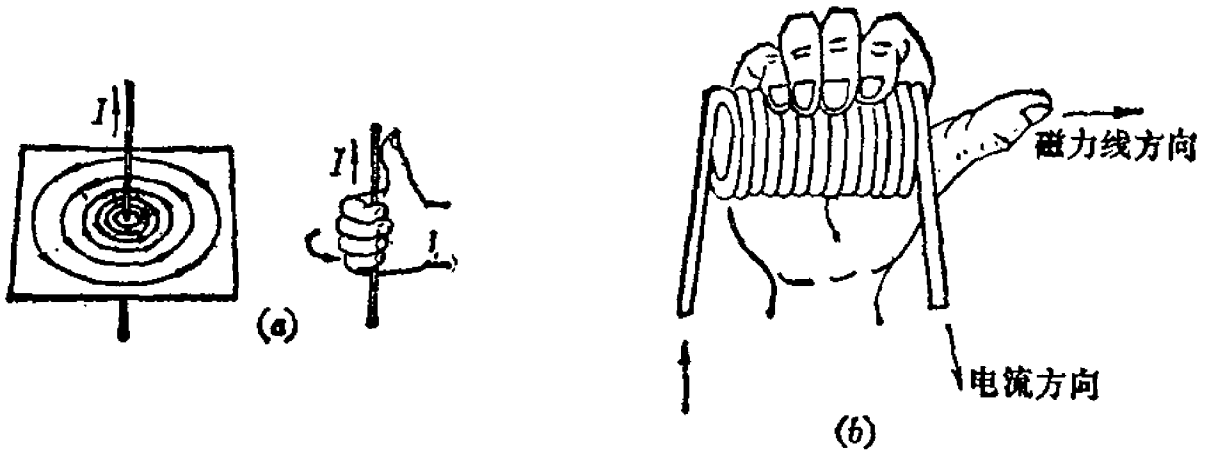


图2-6　右手螺旋定则

（a）　直线电流的磁场；（b）　通电螺线管的磁场。

当导体中有电流流过时，导体周围产生磁场。如果把这个导体绕制成线圈并通以电流，通电螺线管周围的磁力线跟条型磁铁的磁力线相似。通电螺线管也有两个磁极。通电螺线管两端的磁极性质跟电流方向的关系可用右手螺旋定则来判断。如图2-1（b）所示，用右手握住螺线管，让弯曲的四指所指的方向跟电流的方向一致，那么，和四指垂直的大拇指所指的那端就是通电螺线管的北极（N极）。

如果在通电螺线管中加一导磁率很高的磁芯，那么，磁通就会沿着磁芯流动，就象电流沿着导电很高导线流动一样。这样，不仅可以将磁场引导到需要的方向上来，而且可以使磁场强度显著增加。其强度随着线圈中所通的电流、线圈匝数和磁芯导磁率的增加而增大。

二、左手定则

当载有电流的导体处于某一磁场中，由于载流导体所产生的磁场和这个磁场的相互作用，载流导体便受到力的作用。载流导体所受磁场力的方向可用左手定则，又称“电动机定则”来判断。如图 2-7 所示，伸开左手，让拇指和其余四指垂直，并且都跟手掌在一个平面内。将左手伸入磁场中，让磁力线垂直穿过手心，四指指向电流方向，则拇指所指方向就是通电导体受力的方向。

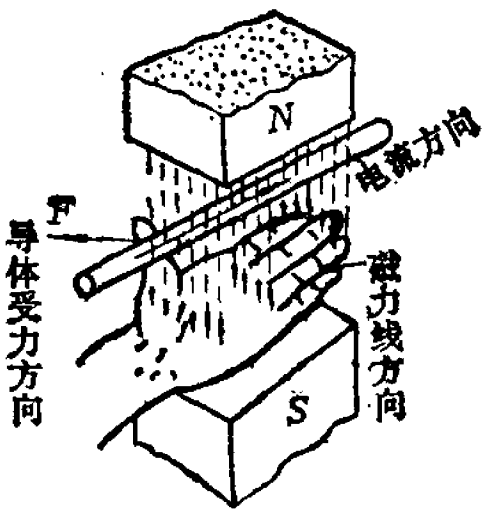


图2-7　左手定则

1—电流方向；2—磁力线方向；3—作用力方向。

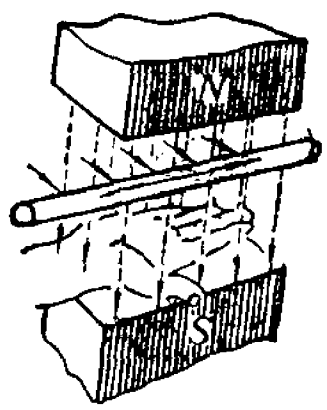


图2-8　右手定则

1—导体运动方向；2—磁力线方向；3—感生电流方向。

磁场对载流导体作用力的大小与磁感应强度、电流强度、导体长度以及电流方向与磁力线方向夹角的正弦的乘积成正比。

三、右手定则

右手定则又称为“发电机定则”。

如果一个导体在磁场中受力而运动，那么，在这个导体中就会产生感应电动势。其方向可用右手定则来判断。如图2-8所示，伸开右手，让拇指和其余四指垂直，并且都和手掌在同一个平面里，让磁力线垂直穿入手心，使拇指指向导体运动方向，其余四指所指的方向就是感应电动势（又称感生电流）的方向。

感应电动势的大小和磁场强度、导体长度以及导体运动速度成正比。这个感应电动势和外接电源一样都会使导体中产生电流。

应用右手定则应注意的四个问题：

（1）当导体切割磁力线时，应用右手定则判定感生电流的方向比较方便。感生电流在这部分导体中的方向和感应电动势的方向相同。

（2）应用右手定则时，拇指所指的是导体相对于磁场的运动方向。对于导体不动、磁场运动的情况，拇指的指向和磁场的运动方向相反。

（3）如果导体的运动方向跟磁感应强度的方向不垂直，而跟磁力线相交成一个夹角，这时可将速度方向在沿磁场方向和与磁

力线垂直的方向上进行正交分解，只有与磁场垂直的速度分量才使导体切割磁力线。应用右手定则时，拇指应指向垂直速度的方向。

（4）右手定则适用于机械能转化为电能（如电磁感应）的现象。对于电磁能转化为机械能的情况，要用左手定则，切勿混淆。

四、法拉第电磁感应定律

电路中感生电动势的大小，跟穿过这一电路的磁通量的变化率成正比。这就是法拉第电磁感应定律。

对于单匝线圈，设通过线圈的磁通量为Φ时，如图2-9所示，则法拉第定律表明单匝线圈中的感应电动势的大小为：

$$\varepsilon = K\left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| \qquad (2\text{-}8)$$

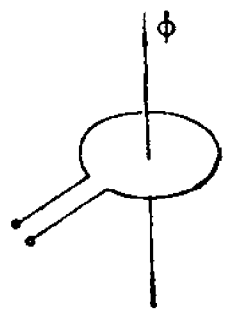


图2-9　单匝线圈的感应电动势

式中的比例常数K决定于式中各物理量的单位，如用法定计量单位制，即Φ的单位是Wb(韦)，t的单位是S（秒），ε的单位是V（伏特），则$K=1$，2-8式可简化为：

$$\varepsilon = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \qquad (2\text{-}9)$$

五、感生电流的方向　楞次定律

楞次定律的内容是：感应电动势方向总是要使感生电流的磁场阻碍引起感生电流的磁通量的变化。

如图2-10（a）所示，当磁铁接处线圈时，穿过线圈的磁通量增加，这时，感生电流的磁场的方向跟磁铁的磁场方向相反，阻碍磁通量的增加。当磁铁离开线圈时，穿过线圈的磁通量减少，这时，感生电流的磁场的方向跟磁铁的磁场方向相同，阻碍磁通量的减少，如图2-10（b）所示。总之，感生电流的磁场总是要阻碍原来磁场的变化。在其他电磁感应现象中，也存在着同样的规律性。

对于导体切割磁力线而产生的感生电流的情况，用右手定则

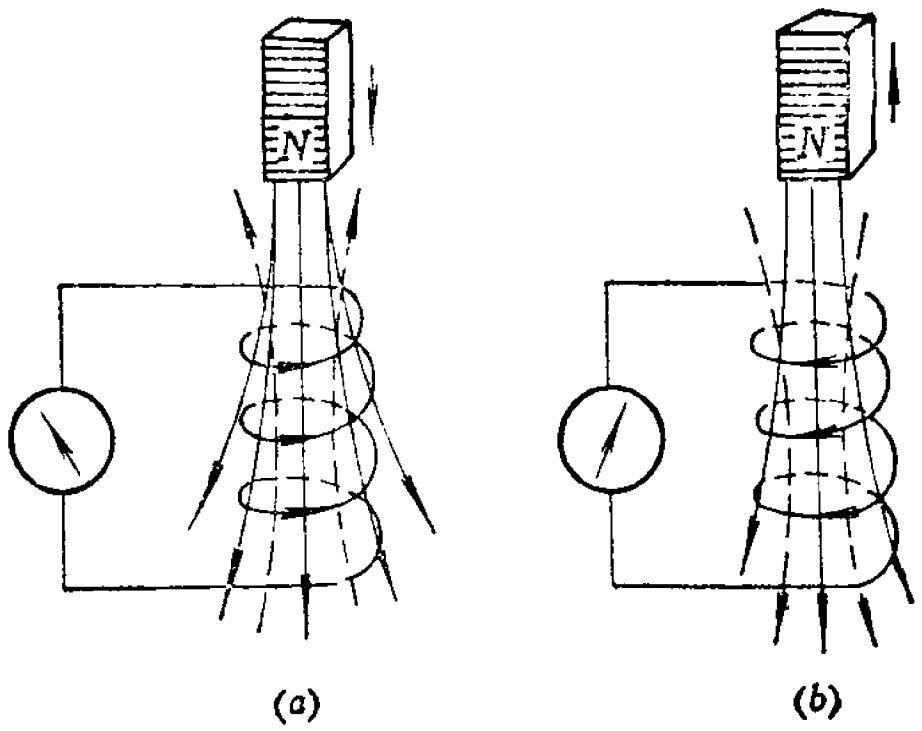


图2-10　感生电流的方向

往往比直接用楞次定律简便。因此，可以把右手定则看作是楞次定律的特殊情况。

六、自感、互感及涡流

由于导体本身的电流发生变化而产生的电磁感应现象，叫做自感现象。在自感现象中产生的感生电动势，叫做自感电动势。

由于一个线圈电流的变化，使另一线圈产生感应电动势的现象叫做互感现象。由于互感产生的感应电动势叫互感电动势。

线圈绕在铁芯上，当通过线圈的电流发生变化时，穿过铁芯的磁也发生变化，使铁芯内部感应出电动势。铁芯为导体，在此

表2-2　磁路和电路的比较

磁　　路		电　　路	
磁动势	$E_M = IN$	电动势	E 或 ε
磁通	Φ	电流	I
磁阻	$R_M = \dfrac{l}{\mu S}$	电阻	$R = \rho \dfrac{l}{S}$
磁导率	μ （取决于材料）	电阻率	ρ （取决于材料）
磁压	$U_G = \Phi R_M$	电压	$U = IR$
欧姆定律	$\Phi = \dfrac{IN}{R_M}$	欧姆定律	$I = \dfrac{U}{R}$

表2-3　磁场和磁路的基本物理量

名称	符号	定义式	意　　义	单　位	注
磁感应强度	B	$B=\frac{F}{Il}$	表示磁场中某点磁场的强弱和方向。是磁场的基本物理量	$T=\frac{N}{A\cdot m}$ $=\frac{Wb}{m^2}$	$1Gs=10^{-4}Wb/m^2$ Gs：高斯
磁通	Φ	$\Phi=BS$	磁场中垂直通过某一截面积的磁力线数目	$Wb=$ $V\cdot s$	$1Mx=10^{-8}Wb$ Mx：麦克斯韦
磁导率	μ	μ_0：真空磁导率 μ_r：相对磁导率 $\mu_r=\frac{\mu}{\mu_0}$	磁导率表示物质对磁场影响程度的一个物理量，也是表明物质的磁导能力，非铁磁物质μ是一个常数，而铁磁物质的μ不是一个常数	H/m	$\mu_0=4\times10^{-7}H/m$ μ_r无单位
磁场强度	H	$H=\frac{B}{\mu}$ $=\frac{B}{\mu_r\mu_0}$	与激发磁场的电流直接有关，而在均匀的介质中与介质无关	A/m	$1O_e=80A/m$ O_e：奥斯特
磁动势	E_M	$E_M=NI$	表明磁路中产生磁通的条件与能力	A·T	安·匝
磁阻	R_M	$R_M=\frac{l}{\mu S}$	反映了磁路对磁通的阻力，它由磁路的材料、形状及尺寸所决定	1/H	1/亨

电动势的作用下，便产生电流。这种电流在铁芯内自成闭合回路，就如同水的旋涡，故称涡流。涡流也是一种感生电流，它所产生的磁场对抗原来磁场的变化。最终导致铁芯发热。

为使用方便起见，通过表 2-2 将磁路和电路加以比较。

表2-3为磁场和磁路的基本物理量。

第四节　电动机常用术语

为了帮助读者更好地了解和熟悉电动机，下面介绍一些常用术语、参数及基本知识。

一、额定电压

电动机在规定条件下运行，定子绕组所加的电压称为电动机的额定电压，单位为V（伏）。如，农业生产中用的扬谷扇电动机，工业生产中用的降温扇、排气扇即是三相异步电动机，其额定电压为380V。家用电风扇、洗衣机、冰箱电动机均是单相交流电动机，其额定电压为220V。与人体直接接触的电动器具、电推剪、按摩器、电剃刀用电动机的额定电压为36V（安全电压）或36V以下直流12V、6V、3V、1.5V。

二、额定电流

额定电流是指电动机输出额定功率时，定子电路中所流过的电流，其单位为A（安培）。

三、起动电流

起动电流是指电动机起动瞬间，定子绕组流过的电流，其单位为A。

电动机起动电流一般很大，可达到额定电流的几倍。设计和选用电动机时对其起动电流要加以限制。如，家用电器的电动机一般输出功率为120W（瓦）以下，其起动电流不能超过2.5A（安）。不同功率的电动机起动电流不同。

四、额定转速

额定转速是指电动机在额定条件下运行时，转子的转动速度，其单位为r/min(转/分)。

五、起动转矩

电动机接通电源后，转子尚未转动的瞬间，电动机所产生的转矩，称为起动转矩，其单位为kg·m(千克米)。

起动转矩大小，标志电动机克服起动阻力能力大小，如果负载起动阻力大于驱动电动机的起动转矩，电动机将不能起动。因此，对洗衣机、电冰箱之类电动机，起动转矩设计得比较大，因为电动机起动时要克服较大的负载的起动阻力。其起动转矩在额定转矩的1.1～3.5倍时方能正常起动。

六、最大转矩

电动机在最大负荷下运行时所输出的转矩，称为最大转矩，其单位为 kg · m。

最大转矩的大小标志着电动机过载能力的大小。电动机负载过大，如超过了最大转矩，电动机就会停转。一旦发生这种情况，电动机就会发热，时间长了就会烧毁电动机。因此，设计最大转矩要留有充分余地。

七、输入功率

输入功率是指电动机在额定条件下运行时，由电源输入到电动机的功率，其单位为kW(千瓦)。

八、输出功率

输出功率是指电动机在额定条件下运行时，由电动机向外输出的功率。其单位为 kW。

九、效率

在额定条件下，电动机的输出功率与输入功率之比值。它表示电动机将电能转换为机械能能力的多少。当输入功率相同时，效率越高，输出功率就越大，输入功率就越小，耗电量越小。

十、温升

电动机在额定负载下，各部位工作温度与环境温度之差。其单位为℃（摄氏度）。

温升标准是按绝缘材料的耐温等级来确定的。我国大多数按 *A*、*E* 级绝缘来规定温升标准。

十一、相位角、相位差

如果同时研究二个或多个周期变化的交变量，曲幅值为零至某一瞬间值所占一个周期中的角度数，称为相位角。

两个相同频率的交流量的相位角互不相同，则它们相位角之差即为此二交流量的相位差。

相位差（相角差）又称相位移，它说明两个周期过在时间上的超前或滞后；如果周期相同，则相位移衡定不变；如果周期不同，相位移时时刻刻都在变化着。

十二、滞后、超前、同相、反相

某一交流电i_2比另一交流电i_1（假定两交流电的相位不差不是180°）达到零值晚一些则称为滞后。反之，某交流电i_1比另一交流电i_2达到零值早一些，则称为超前（超前的角度不超过180°）。

当两个同频率的交流电间的相位差为零时，它们相位间的关系叫做同相。

当两个同频率的交流电间的相位差为π（180°）时，他们相位间的关系叫做反相。

十三、视在功率、功率因数

视在功率等于电压和电流瞬时值的乘积是随时间而变的，单位V/A。功率因数是平均功率P对视在功率S的比值，用cosφ表示，即$\cos\phi = P/S$。

第三章　风扇电动机

第一节　风扇电动机分类

一、电动机及其分类

电动机俗称马达。其作用是将电能转变成机械能。它可以制成大小不同的功率。电动机具有控制简单、运行可靠、维修方便、以及价格低廉等一系列优点，因而被广泛用作动力装置。旋转类家用电器，如电冰箱、洗衣机、电风扇等，自然也离不开电动机。

按电源供给方式和结构可将电动机分类如下：

- 电风扇电动机
  - 交流
    - 单相
      - 罩极式电动机
      - 电容运转式电动机
    - 三相异步电动机
  - 直流
    - 串激式电动机
    - 并激式电动机
    - 复激式电动机
  - 交直流两用电动机（通用电动机）

二、交流电动机

单相感应电动机，由于电源方便，在家用电器中广为应用。单相电动机和三相电动机一样，也采用鼠笼型转子。所不同的是在定子绕组中多了一个辅助绕组并带有起动装置。单相电动机不能产生旋转磁场，即不能自行起动，必须借助于外力或者别的辅助措施方能起动。根据起动方式的不同，又分为罩极式、分相式、电容式起动和电容运转式等数种。

三、直流电动机

直流电动机因供电电源为直流而得名。根据激磁方式不同又分为并激式、串激式、复激式及永磁式等数种。其中永磁式电动机由于没有励磁损耗而具有较高的效率。

四、交直流两用电动机

交直流两用电动机是单相串激电动机，既可作交流电动机使用，又可作直流电动机使用，所以，又称通用电动机。串激电动机的结构与直流电动机相似，其转子上带有换向器，激磁绕组系串激。这种电动机由于转速不受电源频率的限制，在一般工频下也能获很高的转速，因此，其体积要比同容量的其他一般交流电动机小。这种电动机的换向器和电刷在运行时不可避免地要受到磨损，因此，其使用寿命比一般交流电动机短些。

第二节　单相罩极式异步电动机

电风扇种类很多、型号不一。但采用单相罩极式异步电动机作动力装置的很多。

罩极式异步电动机是单相感应电动机中最简单的一种。虽然它的电气性能与其他电动机相比并不是很理想的，但因其结构简单、运行可靠、堵转时不易烧毁定子绕组线圈、运行噪音小，且对收音机、电视机等其他家用电器无干扰，再加之造价低、易维修，所以，它广泛地用于400mm以下台扇和台地扇，吹风机等。

一、罩极式电动机的电气特点

1．起动力矩小、效率低，只适用于非满载起动。因此，它只制成小容量的，一般约15～30W，用于无需考虑效率和运转费用的地方。

2．罩极式电动机只可用于单相交流电源。其额定转速在一定的负载下比较衡定。

3．罩极式电动机的额定转速是由定子磁极数目和电源频率所决定的。旋转磁场转速的一般公式如下：

$$n_1=\frac{60f}{P}\text{r/min(转/分)} \qquad (3\text{-}1)$$

式中 n_1——旋转磁场的转速，即同步转速、r/min(转/分)，

f——交流电的频率，Hz(赫兹)，

P——定子绕组的磁极对数。如两极，$P=1$，四极，则 $P=2$。

式3-1说明,电源频率固定不变时，旋转磁场转速与极对数成反比。极对数愈多，同步转速愈低。

例 一台罩极式电动机有一对磁极，它所用电源的频率为50Hz(赫)试求同步转速?

解：已知 $P=1$ 对，$f=50$c/s(周/秒)

求 $n_1=?$

旋转磁场的转速n_1为：

$$n_1=\frac{50\times60}{1}=3000\text{r/min}$$

答：同步转速为3000r/min。

由例题得知：3000r/min为定子磁场的转速，而通过磁感应在转子轴输出的空载转速一般只能达到2800r/min左右，为同步转速的92%左右，所以，也称为异电动机的一种。

二、罩极式电动机的结构

罩极式电动机可制成多种不同型式。图3-1所示即为其中一种结构。

异步电动机分为鼠笼式和线绕式两种。图 2-1 所示为鼠笼式异步电动机，主要由定子和转子两大部分构成。

定子由定子铁芯、定子绕组（定子线圈),和机壳组成。定子铁芯是电动机磁路的一部分。为了减小涡流损失，定子铁芯一般用表面涂有绝缘漆、厚度为0.5mm的硅钢片叠压而成。微型电动机铁芯的硅钢片一般不涂绝缘漆,靠硅钢片表面一层氧化膜绝缘,也可在叠压成形后将整体铁芯的表面涂以绝缘漆。定子铁芯内圆表面均匀地冲有线槽，槽内放置绝缘材料和定子绕组，并用槽楔

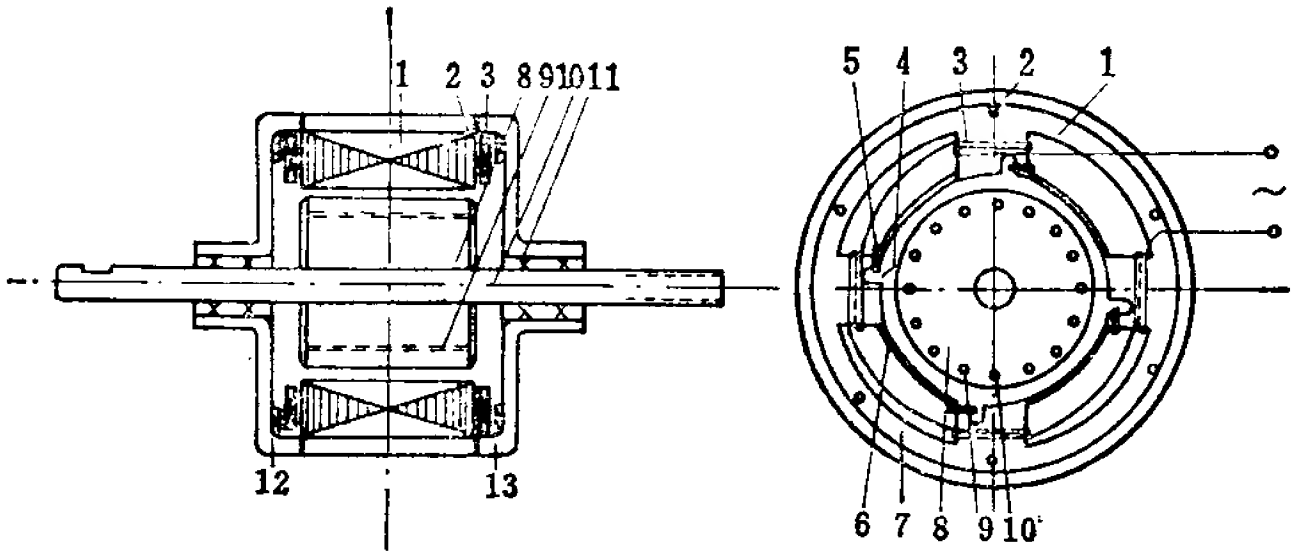


图3-1　单相罩极式异步电动机结构

1—定子；2—定子铸接孔；3—定子绕组；4—短路环槽；5—短路环；6—磁桥；7—定子片；8—转子；9—转子导条；10—转子轴；11—轴承；12—前端盖；13—后端盖。

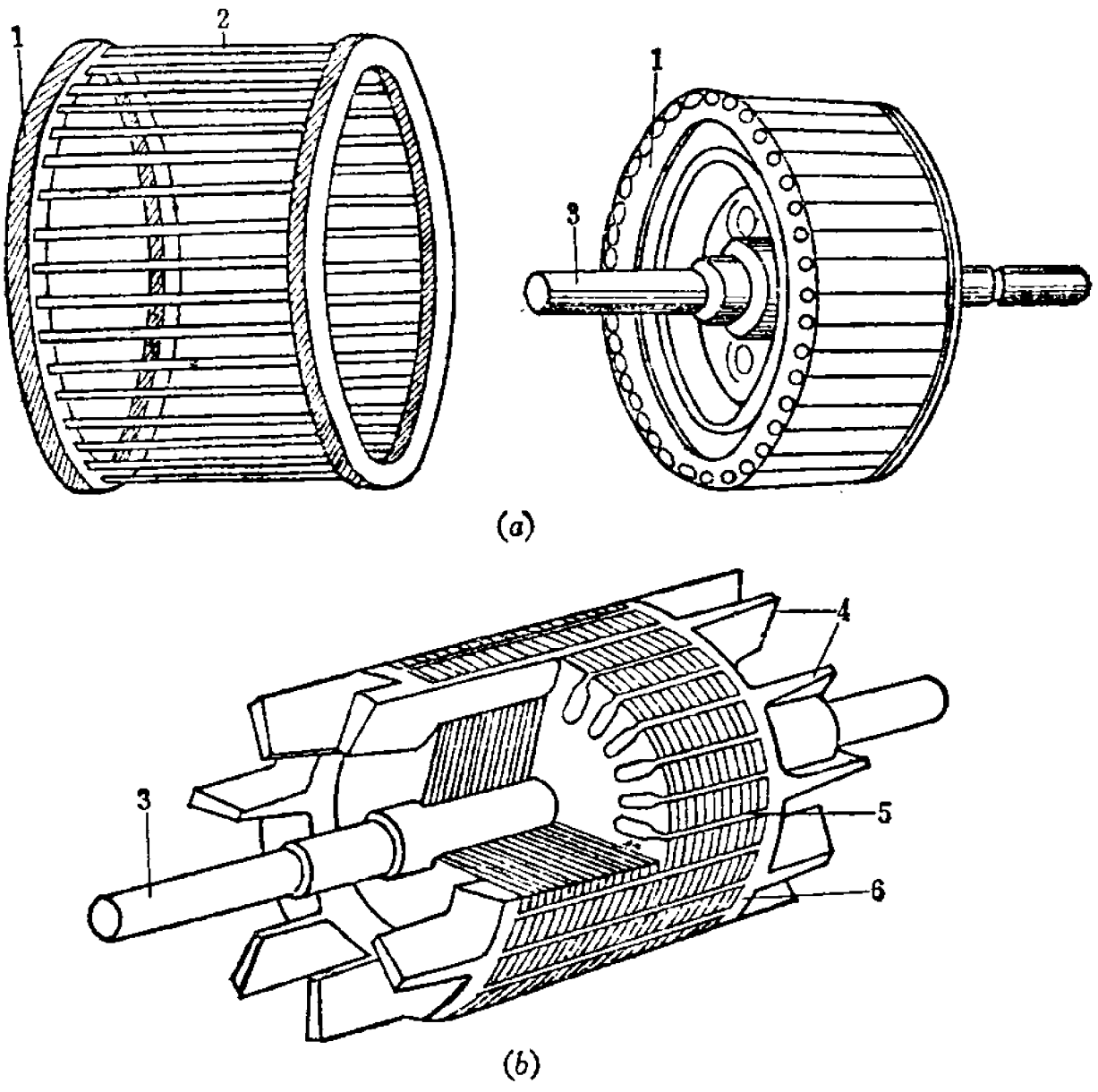


图3-2　鼠笼式转子绕组示意图

（a）　铜条式　1—端环；2—铜鼠笼条；3—转轴。（b）　铸铝式　3—转轴；4—风叶；5—压铸鼠笼；6—端环。

嵌住槽口，以防绕组松脱。定子绕组是定子的电路部分，用高强度漆包绝缘铜线绕成。机壳用来安装定子铁芯和固定电机，同时也起散热作用。前、后端盖的中心位置设有轴承室，其中装有轴承，起支撑转子轴和固定转子与定子配合气隙的作用。

转子由转轴、转子铁芯和转子鼠笼组成。转子铁芯是一个圆柱体，由厚度为0.5mm、开有槽的硅钢片叠压而成。鼠笼式电动机的转子绕组是转子的电路部分，它是用铜或铸铝合金压铸于槽内，同时在转子铁芯两端面铸成环形结，外形象一个圆形鼠笼。鼠笼式转子即由此而得名，见图3-2（*a*）（*b*）。

鼠笼式转子绕组由简单的铝或铜导条与端环组成。导条可以是每槽一根铜条，在导条两端用铜环焊接起来形成转子绕组，如3-2（*a*）图所示。为提高生产效率和节约有色金属铜，中小型异步电动机转子多采用铸铝的，用熔化的铝液将导条、端环及用于通风散热的风叶铸成一体，如图3-2（*b*）所示。

三、罩极式电动机运转原理

罩极式电动机的运转原理基于楞次定律（见第二章第三节）。

这种电动机的定子上通常设一组凸极式的定子极靴。在这个极靴上嵌置一个电阻很低的短路线圈。当主线圈通过交变电流时，由于短路线圈中所产生的感应电流产生了与主线圈电动势方向相反的电动势，所以，被罩部分的磁场变化受到阻碍，因此，在被罩部分通过的交变磁场在时间上总是滞后于未罩部分，结果在极面上产一个连续向前移动的磁场，即未罩部分向被罩部分旋转，这和旋转磁场的作用相似，亦使转子获得起动力矩。图 3-3（*a*）（*b*）（*c*）（*d*）所示为罩极式电动机的旋转磁场原理图。

当主绕组通过交变电流，使磁场从零开始增强时见图 3-3（*a*），根据楞次定律，由于电流和磁通的变化较大，罩极圈（短路环）内出现较大的感应电流，罩极圈中感应电动势和感应电流的方向与主线圈电流和电动势的方向相反，阻止磁力线增加，结果，被罩部分只有少量的磁力线，而大部分磁力线则通过磁极的未罩部分。这时磁场的中心接近于未罩部分的中心。

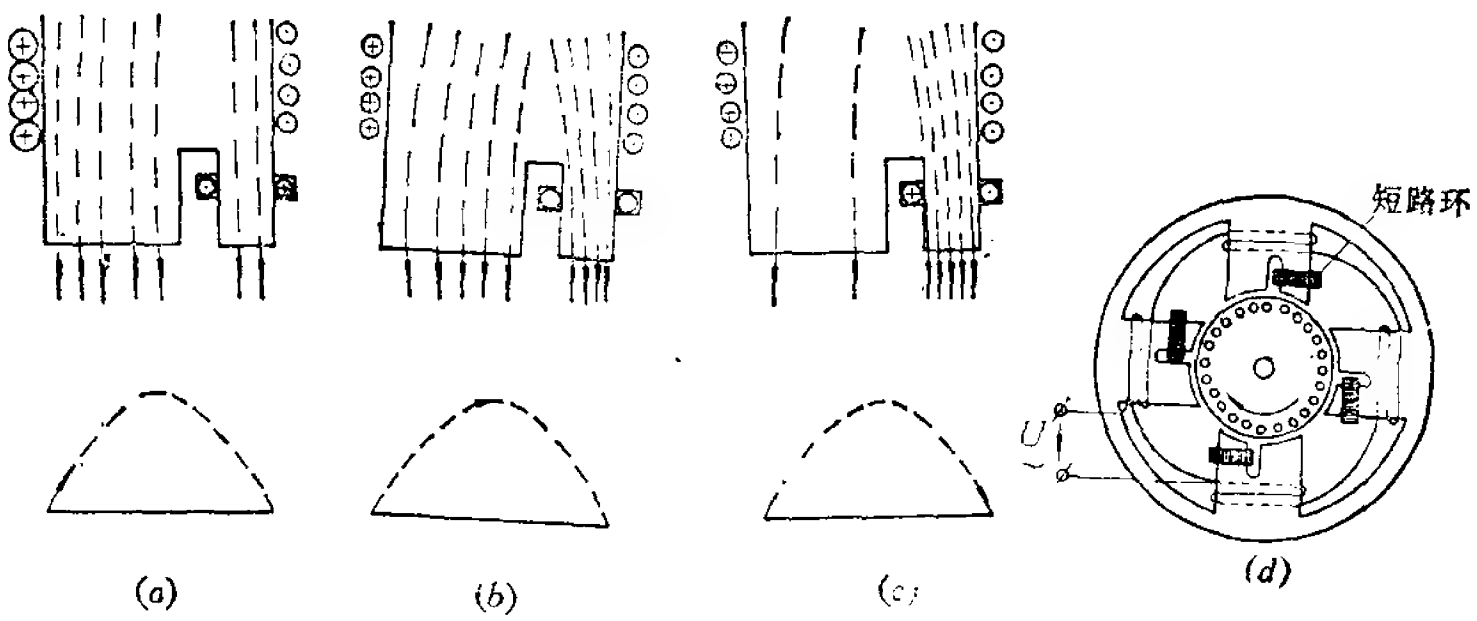


图3-3　罩极式电动机旋转磁场原理图

当主绕组通过的电流增至最大值，且趋于平稳时，见图3-3（*b*），由于电流增加的速度逐渐减小，短路环中感应电动势和感应电流的数值也随之减小。这时，主线圈所产生的磁场最强，磁力线最多，均匀分布在整个磁极中，即磁场中心位置接近磁极的几何中心位置。

当电流达负半周时，用上述的方法分析可以得知；主线圈中通过的电流由最大值开始下降，见图3-3（*c*），整个磁极的磁力线也随之减少。根据楞次定律，短路环中感应电动势和感应电流的方向是阻止磁力线的减少，也就是说，是和主线圈电流方向相同，使被罩部分维持较多的磁力线。这时，未罩部分的磁力线减少，磁场中心便向磁极被罩部分移动。

当下半周反方向的电流在主线圈中通过时，反方向的磁极也同样会产生上述连续向前移动的磁场。

罩极式电动机利用短路环来延迟被罩部分磁极，使磁场产生位移，进而使转子获得起动转矩。转子旋转方向必然是从磁极的未罩部分移向罩极部分。罩极式电动机是不能反向旋转，见图3-3（*d*）。

它所产生的磁场虽然是旋转的，但它的磁场强度较小，因为脉动磁场的椭圆度很大，所以，在设计和维修时不可忽视。否则，运转时会产生振动。

综上所述，由于罩极式电动机的结构特性，当主绕组通入单相交变电流时，在罩极圈内出现一个在相位上滞后的感应电流。它的磁场与原磁场合成的结果（合成磁场）便在空间形成旋转磁场，使转子获得起动力矩。

四、主要部件的电气要求及其结构

1. 短路环

短路环又称罩极圈，实质上它是作为一组起动绕组而设置的。没有短路环，该电动机只能得到脉动磁场，因而无从获得起动力矩。

罩极式电动机被罩部分的大小叫做罩蔽度。罩蔽度是电机设计中的重要参数。它涉及谐波、漏抗相移和转矩。起动转矩与罩蔽度的关系曲线如图 3-4 所示。

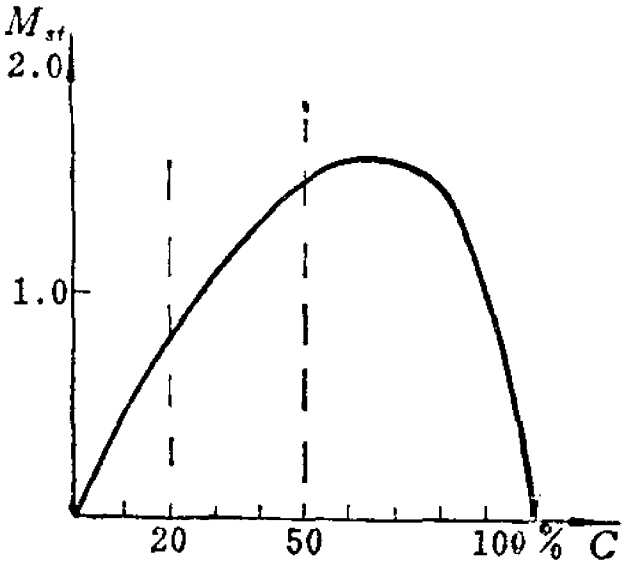


图3-4　起动转矩与罩蔽度的关系曲线图

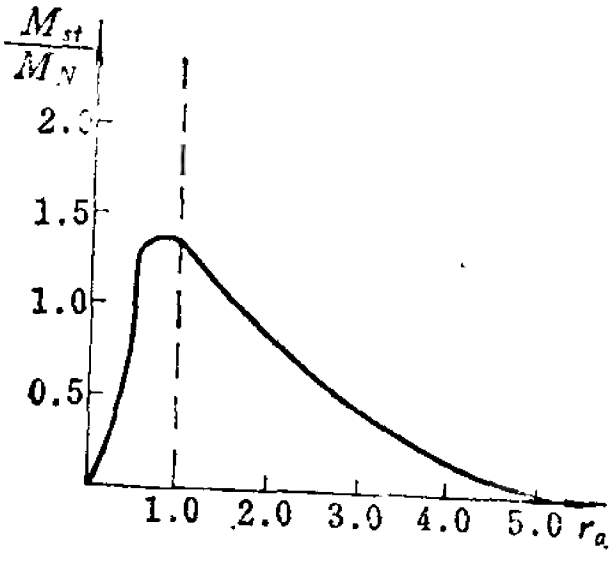


图3-5　罩极圈电阻与起动转矩的关系曲线图

罩蔽度的关系式

$$C=\frac{\alpha_a}{\alpha_p} \tag{3-2}$$

式中　α_a——磁极罩蔽部分的极弧系数；

α_p—— 磁极的极弧系数。

一般C值取0.2～0.5

对连续运行在额定速度的电动机，常选$C=1/3\sim1/4$

为保证有良好的起动转矩，罩极圈电阻以小为宜。

图 3-5 所示为罩极圈电阻与起动转矩的关系曲线图。

由图 3-5 可知，罩极圈电阻过大会使起动转矩减小，但电阻过小又会导致过大的电流损耗，磁损耗以及温升过高，同时也使运行性能变坏。

短路环如图 3-6 所示。罩极圈是用 1 mm 厚、5 mm 宽的红铜带（TBR）材料制作的。接口处采用铜焊或锡焊。焊口要求焊得牢固，不得有松动或假焊现象。

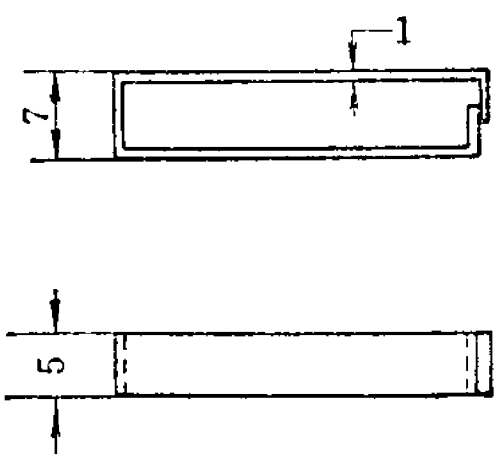


图3-6　罩极圈

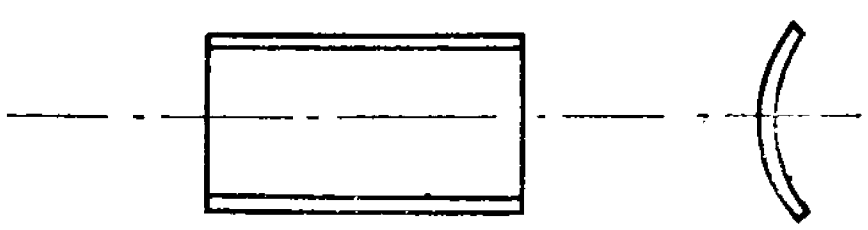


图3-7　磁桥

2. 磁桥

在罩极式电动机两异性磁极间的位置搭一用铁板作的桥梁，故称磁桥，如图 3-7 所示。

磁桥的作用是增加激磁绕组与罩极圈之间的互磁通，从而加大了罩极圈内的磁通。由于这部分磁通大部分不经转子，所以称为漏磁。这一漏磁比主相磁通相位滞后约90°，所以，增大了主相和辅相磁通之间的相位角，进而增大了起动力矩。利用磁桥增加漏磁，便可达到调整电机转速和使转速均匀的目的。

磁桥用冷轧钢板为材料（B-1/A3），钢板厚度 1 mm，制成瓦形销，冲弯后的弧度与极弧一致。冲制成形的磁桥嵌于外吸铁两极尖槽口处，要求紧配合，绝对不可松动。

3. 定子线圈

定子线圈是用专用工具——绕线胎绕制。线圈要紧密缠绕，不得损坏其表面的高强度绝缘漆皮，不得有硬弯曲或打结现象。绕好的线圈两边要用绝缘纸板包好并捆扎牢固。一般绝缘材料为

油性漆绸（黄漆绸）2212和2210。2012耐油性较好，*A*级耐热等级（105℃）。油性玻璃漆布（黄玻璃漆布）2412的耐热性为*E*级（120℃）。还有聚酯薄膜和聚酯薄膜青壳复合纸等绝缘材料用以作槽绝缘或绕组绝缘。为保障绝缘，扎线一般用尼龙线或浸蜡处理的棉（不可任意选择代用品）。主绕组导线一般为ϕ0.23mm高强度聚酯漆包铜线（QZ），副绕组线径为ϕ0.19mm。

300～400mm风扇电动机的主绕组540匝为一组，一般取四组，定子每匝数1080匝。副绕组四组，每组780匝，槽匝数1560匝。绕组要求整齐、紧密、平服。经绝缘处理处后绕组要进行耐压检验，电压400V，通电一分钟。保证绝缘，防漏电。

4．转子

罩极式电动机转子电气特点及结构与一般单相电动机区别不大。就电气方面要求而言，转子要有足够的起动力矩。为此导条电阻应尽可能小些，不要有断条，且要增大端环(导条的短路环)的电阻值，以利提高起动力矩。

转子结构，现以13槽转子为例，其叠厚32mm，直径ϕ34.2±0.025mm，端环厚度5.5～5 mm之间。导条用工业纯铝（L_1）、锌铝合金，绝缘垫圈ϕ6.9×11×1.5～0.4mm，2～4个，耐油垫圈0.8～1 mm。

转子轴长度142mm，蜗杆螺纹长18mm、$\phi 7^{-0.008}_{-0.014}$，不平度以二级精度为高标准线即可。转子轴螺纹剖面，如图3-8所示。

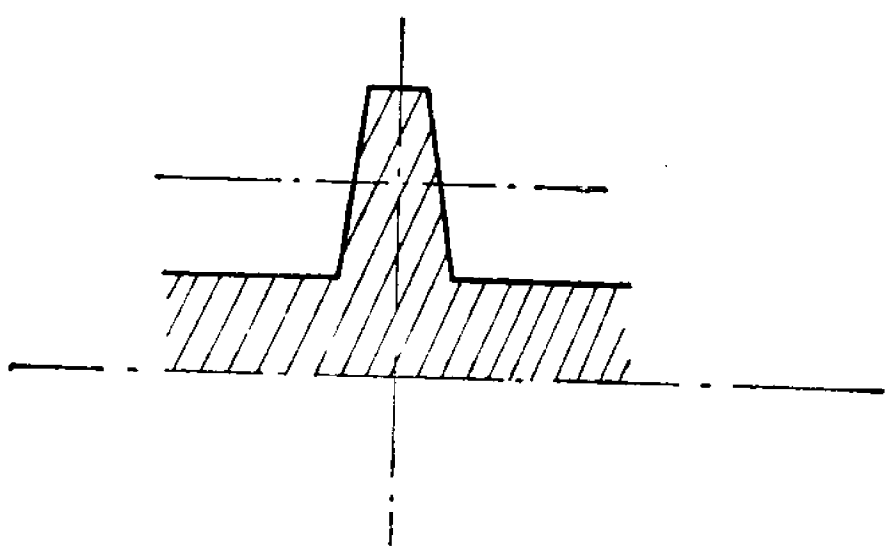


图5-8　转子轴螺纹剖面图

对转子轴螺纹的技术要求见下表。

法向模数	0.5
头数	1
牙纹方向	右旋
牙纹倒角	5°42′38″

5. 含油轴承

罩极式电动机一般采用铜基粉末冶金含油轴承。如图 3-9 所示为含油轴承剖面图。含油轴承种类很多，用途很广。航天、矿山开采、纺织行业用机械及家用电器产品中常采用含油轴承。

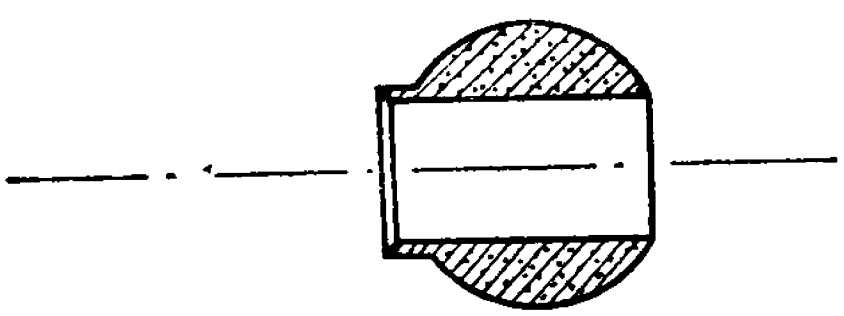


图3-9　含油轴承剖面图

合格的含油轴承在组装前放入20号机油中浸泡 2 ～ 4 天才能使用。浸泡后的轴承，含油量可达到轴承体积的25～30％。这是含油轴承的特性。颗粒状结构使其内部形成很多毛细管，加之油的表面张力作用及粘附作用等因素，使润滑油储存在毛细管或微孔中。电动机正常工作时，由于转子轴的高速运转、不转动的轴承内孔壁发生摩擦以及负载的下压力必然会有温升。由于热膨胀作用，使含油轴承中储存的润滑油沿毛细管循环流动，在轴承与转轴间形成一层油膜，将轴托起，使转子轴悬浮在油膜上高速转动，从而起到润滑作用。合格的含油轴承，可保证连续正常工作5000小时以上。电动机不工作时，在逐渐冷却过程中，油又自然流回到微孔毛细管中储存起来，由于这种轴承含油量大，所以，能长期润滑。一年加一次油即可正常使用。

6. 罩极式电动机电风扇的接线方法如图3-10所示。

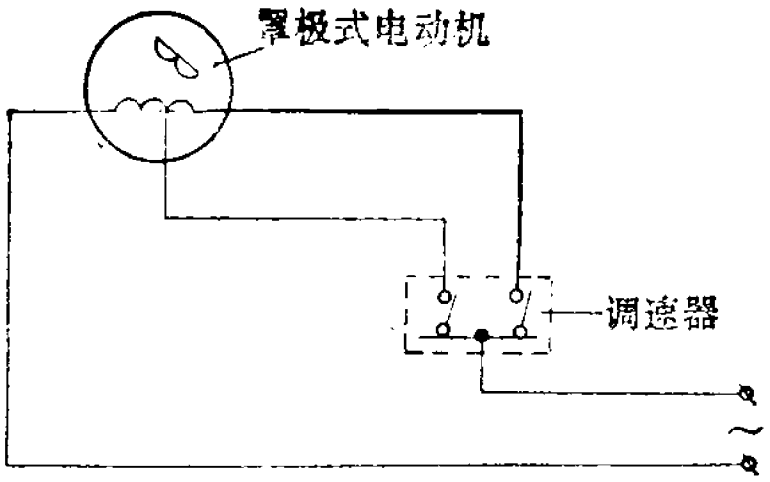


图3-10　罩极式电动机电
风扇的接线图

第三节　单相电容式电动机

一、单相电容式电动机电路

单相电容式电动机分为三种：电容起动式、电容运转式、电容起动与运转式。如图3-11（*a*）、（*b*）、（*c*）所示为上述三种电动机的电路原理图。

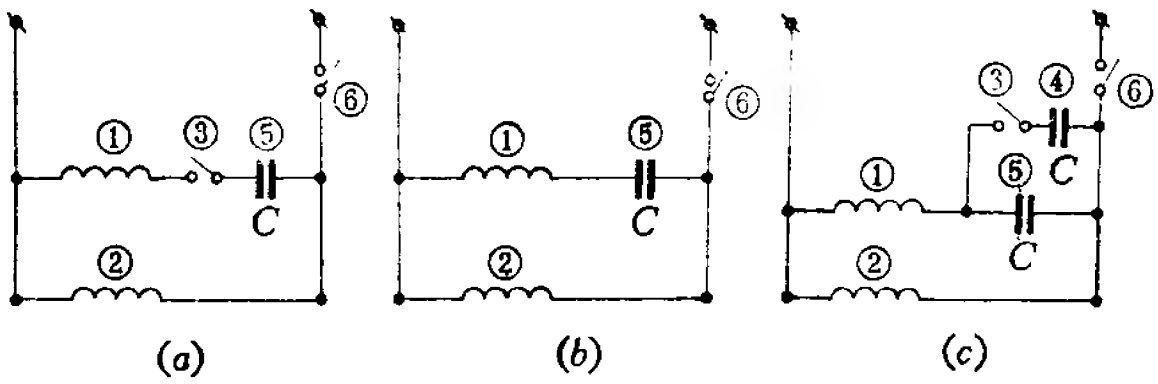
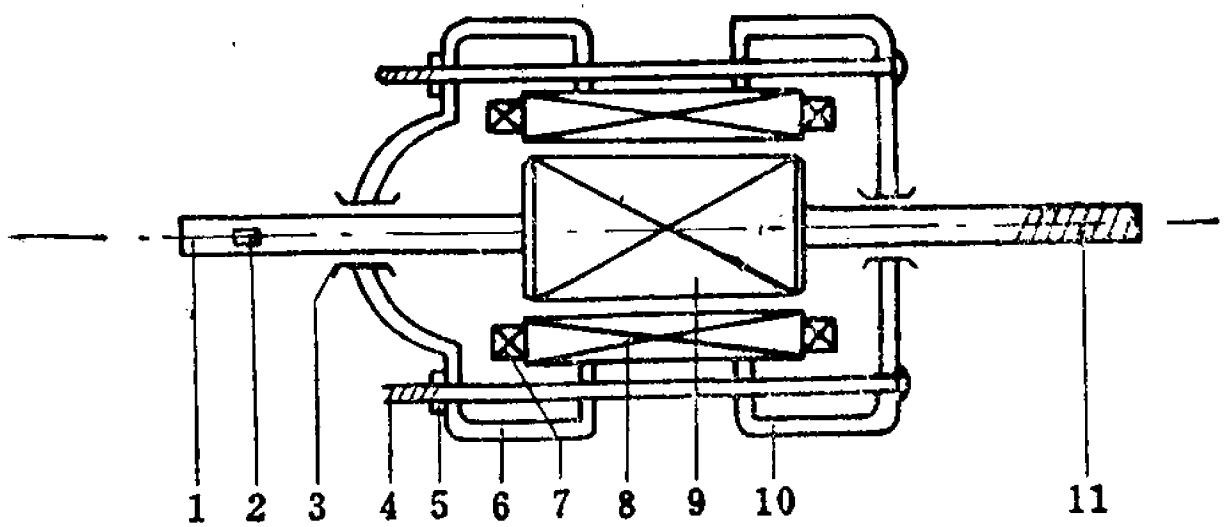


图　3-11

（*a*）　电容起动式电路原理图；（*b*）　电容运转式电路原理图；
（*c*）　电容起动与运转式电路原理图

1—辅助绕组；2—主绕组；3—离心开关；4—大电容器；5—小电容器；6—电源开关。

电容起动式电动机一般简称为电容式电动机，多用于400mm以上各式电风扇。它的转矩甚大，运转稳静无声，而且不需要特殊保养。其电路接线方法见图3-11（*a*）。其中电容器与一组起动线圈串联，并设有离心式自动开关，待电动机通电起动后，运转



(a)

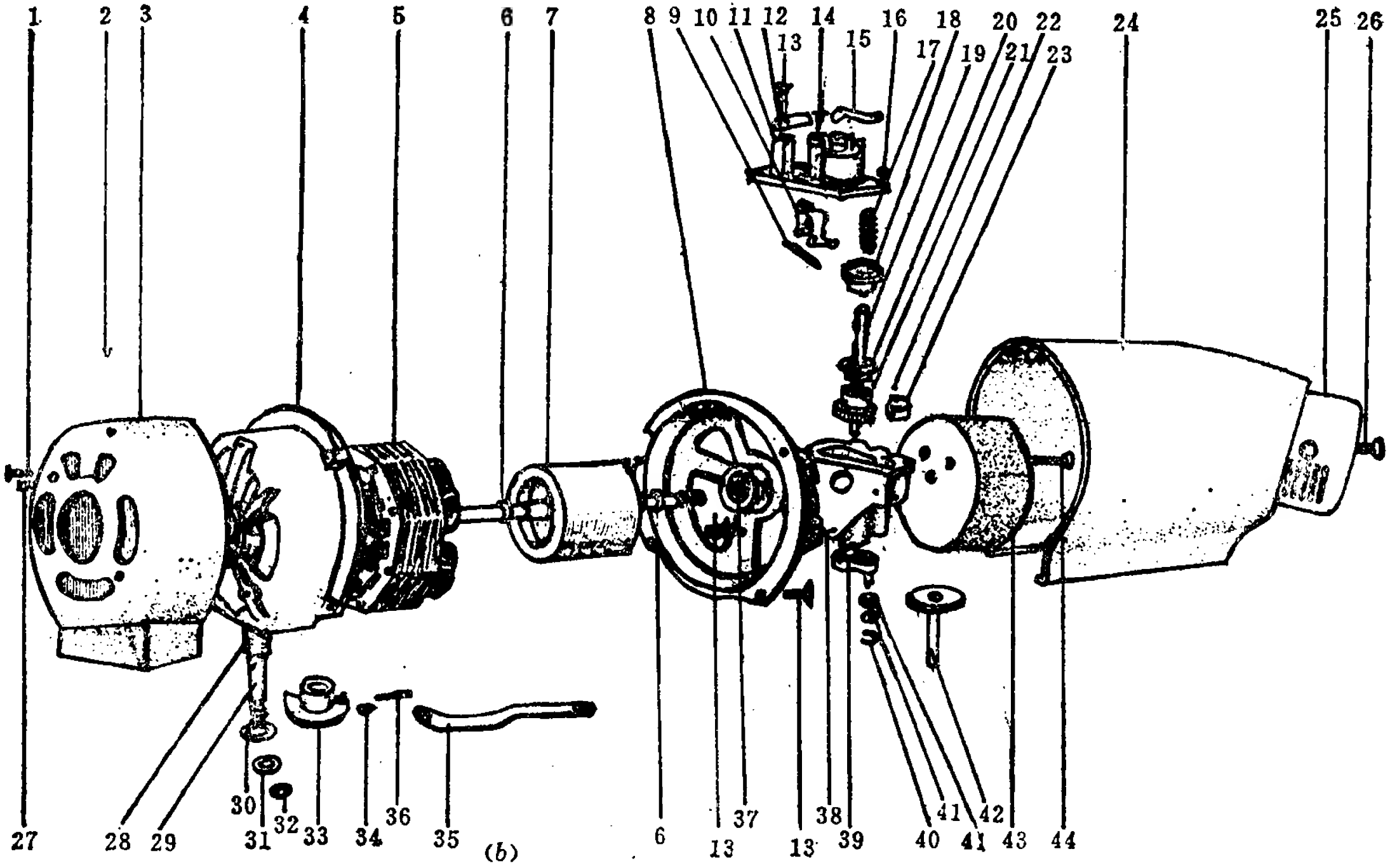
图 3-12

（a）电容式电动机结构示意图

1—转子轴；2—顶丝槽；3—轴承；4—穿钉；5—紧固螺母；6—前端盖；7—定子线圈；8—定子；9—转子；10—后端盖；11—蜗杆。

（b）电容式电动机（扇头）分解图

1—螺钉；2—油塞；3—前外壳；4—前盖；5—定子；6—转子垫圈；7—转子；8—后盖；9—开口销；10—离合扣钩；11—齿箱盖；12—拉绳压板；13—螺钉；14—止动钉；15—弹簧压片；16—螺钉；17—压缩弹簧；18—离合器上齿；19—齿轮轴；20—离合器下齿；21—斜齿轮；22—圆钢珠；23—C形弹簧片；24—后外壳；25—铭牌；26—沉头螺钉；27—厚垫圈；28—中心轴承；29—中心轴；30—摇摆盘垫圈；31—连接头垫圈；32—中心轴垫圈；33—变向摇摆盘；34—垫圈；35—摇摆连杆；36—螺钉；37—转子轴承；38—齿箱壳；39—曲柄；40—开口档圈；41—垫圈；42—摇头齿轮；43—平衡块；44—螺钉。


1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26
27 28 29 30 31 32 33 34 36 35
6 13 37 13 38 39 40 41 41 42 43 44

(*b*)

达到正常速度时，离心开关将这组起动线圈自动断开。

这种电动机的起动电容为 1 ～ 2μF/400V。油浸电容工作稳定，耐压高。

图3-11(*b*)所示为电容运转式电动机，其电容长期接于电路中。它不但有构造简单和运转可靠的优点，而且效率高，运转无噪音。唯一的缺点是起动转矩小，一般只有满载转矩的50～90%。

电容运转式电动机还有一个优点，即在线圈中接入电阻器或电抗器就可以减低转速。利用这点可对电风扇的转速进行调整式控制。

电容起动与运转式电动机如图3-11(*c*)所示。这种电机集中了前面两种电动机的特性于一身，这种电动机运转时的性能和其他型式的单相感应电动机相比，显得更加突出。它的起动转矩很大、效率较大、运转平稳、无噪声。

二、单相电容式电动机的结构

电容式电动机结构如图3-12所示。

各厂家的电风扇，除有特殊要求的，普遍采用单相罩极式电动机和单相电容式电动机。近几年，尤其是电容式电动机，在电风扇上的应用更加广泛。这种电动机由于具有起动性能好、耗电少、运行平稳，无噪音及温升小的优点而应用于台扇、落地扇、顶扇、吊扇、排气扇、冷风扇以及方型扇等。

三、单相电容式电动机主要部件的技术要求及用途

1. 转子轴

电风扇电动机的转子轴直径一般为φ7.8～ 8 mm，材料一般用25～45号钢，其表面光洁度不低于▽ 8 ，和转子铸接部位光洁度可为▽ 4 以下或进行滚纹，以防松动。

转子两端各有28mm长的一段为装轴承的部位。这一部位应淬火，宏观洛氏硬度HRC35～45度，其目的在于提高硬度，提高耐磨性并延长使用寿命。

后端蜗杆部分的技术要求见下表。

法向模数	0.5
头数	1
螺纹方向	右旋
牙纹倒角	5°42′38″

转子轴的作用是支撑在磁场中受力而旋转的主轴。它的前端是负载的安装部位，中间部分与转子配合，后端是变速箱的主动蜗杆。

2．转子

转子是磁场中的闭合导体。这个导体呈鼠笼状，均匀布在定子磁场中间，当交变电流在定子中产生旋转磁场时，这个磁场通过转子的良好导磁材料硅钢片，在鼠笼状导条中产生感应电动势和感应电流。转子中的感应电流和旋转磁场间发生相互作用，于是转子获得旋转力矩。

转子铁芯材料为硅钢片，厚度0.5mm，每片均有17个导条槽，整体叠厚32mm（厚度要一致）。

转子导条是工业纯铝或锌铝合金压铸而成。导条铸铝密度要基本相同，不得有断条、空心和细条。鼠笼条铸成斜的，上下槽口斜1.5～2槽，槽斜偏差±0.1槽。

导条呈斜槽的主要目的是为了消除电动机的磁震。如不呈斜槽状会因奇次谐波叠加在旋转磁场上而引起磁震和磁噪音。

异步电动机定、转子之间的气隙很小，中小型电动机一般为0.2～2mm。气隙的大小与异步电动机性能关系极大。气隙越大，磁阻越大。磁阻大，一方面要产生同样大小的旋转磁场，就需要较大的激磁电流，而激磁电流增大则会使电动机的功率因数变坏，但另一方面，磁阻大，可以减少气隙磁场中的谐波含量，从而减少附加损耗，且改善起动性能。然而，气隙过小，装配困难和运转不安全。如何决定气隙大小，应作全面考虑。一般异步电动机的气隙比较小为宜。罩极式电动机气隙为0.3～0.35mm。

3．含油轴承

电风扇电动机中常用的含油轴承有两种：一种是自准轴承，一种是普通轴承。

自准式轴承装配剖面如图3-13所示。

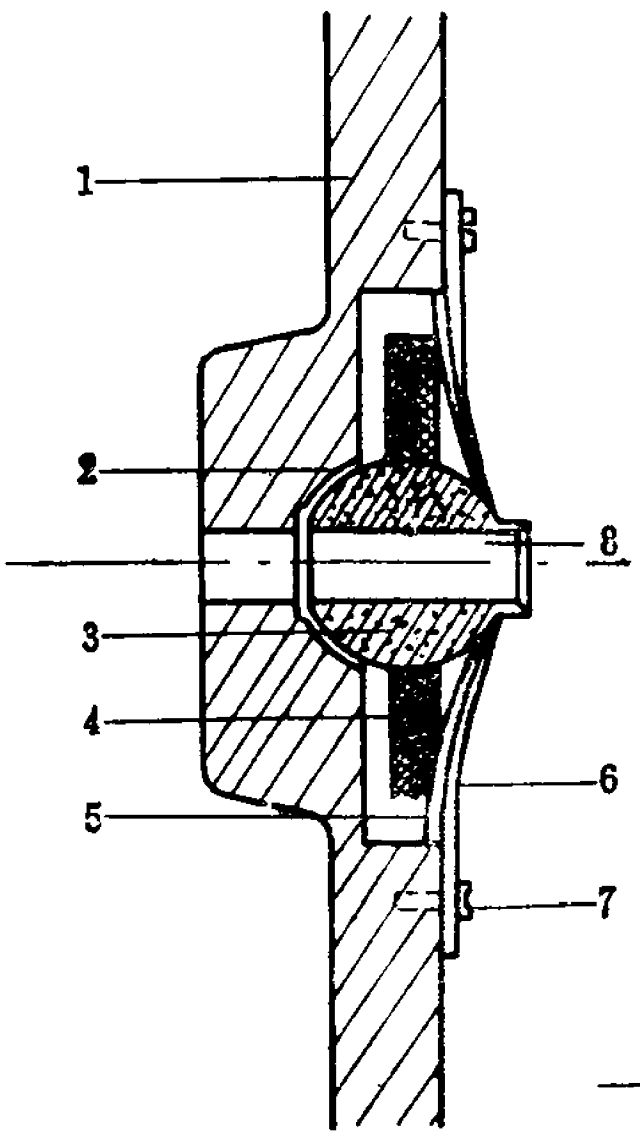


图3-13　自准轴承装配剖面图

1—电动机端盖；2—轴承座；3—自准含油轴承；4—浸油毡垫；5—弹簧垫圈；6—压圈；7—固定螺丝。

在电动机端盖中有半圆形的轴承座。自准轴承圆侧，半个球面置于轴承座中，浸油毡圈套在轴承上；弹簧圈将毡圈挡住并压住轴承的另外半个球面；在其上面盖上压圈并用螺丝钉紧固于端盖上。这样，压力经弹簧圈传给轴承，轴承的另一面就与端盖中轴承座紧紧接触。放入转子轴后，轴承即可自动地使其内圆孔中心轴线对准旋转中的心轴线，

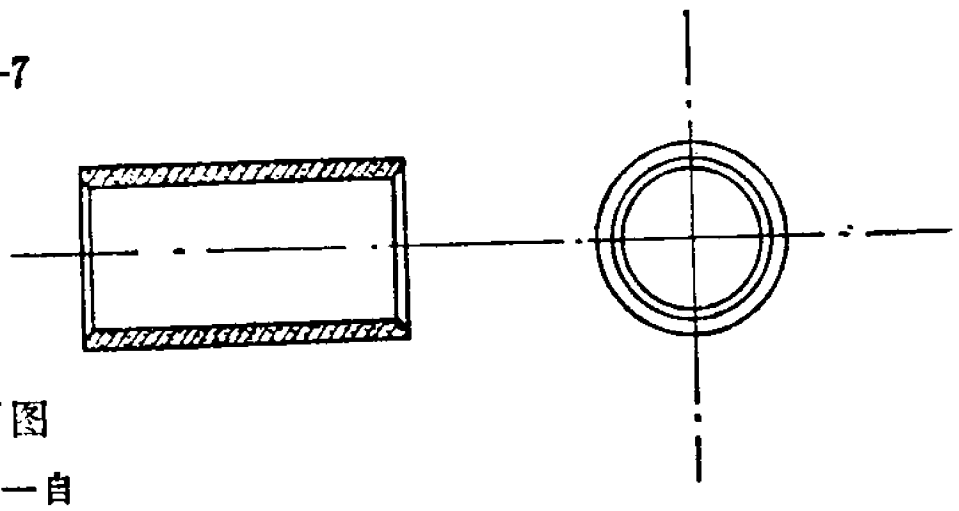


图3-14　普通含油轴承

保证转子旋转灵活，故而，这种轴承又称为自准轴承。

普通轴承（又称轴套）如图3-14所示。普通轴承形状如一圆管。

400mm电风扇所用的电容式电动机常采用两种轴承，即自准轴承和普通轴承相结合使用的结构设计。一般将普通轴承安装在后端盖上，前端盖装自准式球面轴承。这种设计对厂家的技术要

求水平较高，因其对前后端盖加工精度要求较高。日本产电风扇常用这种结构。还有的结构前后全采用铁基粉末冶金普通轴承。这样，机加工零件的精度就更高了。这种结构使用效果和使用寿命都会大大提高。

装配普通轴承采用压入法，装配尺寸公差0.08～0.1mm。

4．定子

定子铁芯是异步电动机主磁通磁路的一部分。为使电动机能产生较大的电磁转矩，希望有一个较强的旋转磁场，同时，由于旋转磁场对定子铁芯以同步转速旋转，定子铁芯中的磁通的大小与方向都是变化的，必须设法减少由旋转磁场在定子铁芯中所引起的涡流损耗和磁滞损耗，因此，定子铁芯由导磁性能较好的、0.5mm厚、冲有一定槽形的硅钢片D_{22}～D_{24}号叠压而成。叠厚与转子相同，定子片要涂绝缘漆。叠压后，用铆合、压铸、粘合、焊接等工艺紧固成定子铁芯。它是磁力线的导体和通道。定子铁芯的优劣直接影响电动机的质量。定子的主要技术要求：定子外经一般为ϕ88，定子槽为8～16条。叠压要紧密，4～6个压铸铝铆钉的端面要平，斜面或缺损都将影响电动机的组装质量。定子铁芯上的槽形通常有三种：半闭口槽，半开口槽及开口槽。从提高电机的效率和功率因数来看，以半闭口槽为最好，见图3-15（*c*）。但绕组的绝缘和嵌线工艺比较复杂，所以，这种槽形适用于小容量的以及中型低压异步电动机。半开口槽的槽口等于或略大于槽宽的一半，如图3-15（*b*）所示，它可以嵌放成型线圈。

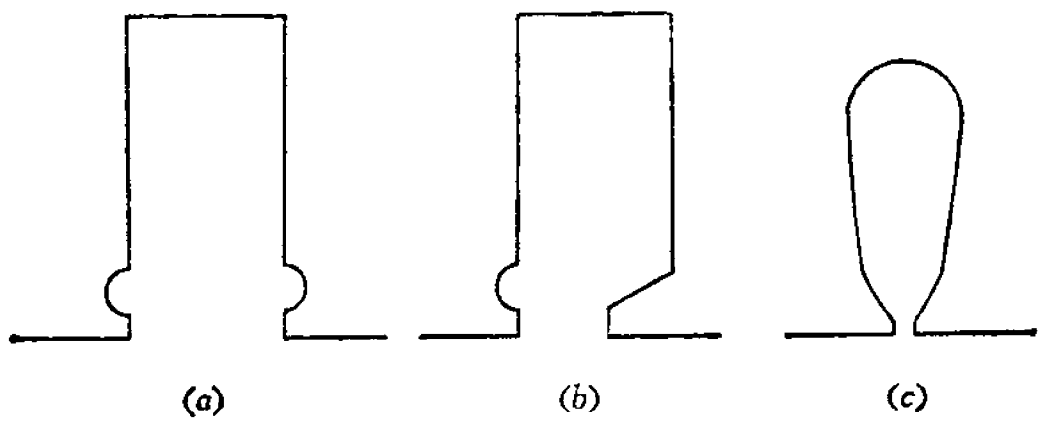


图3-15　定子铁芯槽形

（*a*）开口槽；（*b*）半开口槽；（*c*）半闭口槽。

这种槽形用于大型低压异步电动机。开口槽如图3-15（a）所示，用于高压异步电动机，以保证绝缘的可靠和嵌线方便。

5．定子线圈（定子绕组）是定子的电路部分。电路图如3-16所示。

以八槽电动机定子铁芯为例：主绕组为四组线圈，副绕组也有四组线圈，均是QZ高强度漆包铜线绕制而成。线圈抽头长度为50～70mm。线圈绕完毕并经绝缘处理后，进行耐压试验，绕组接入400V交流电，历时一分钟。耐压试验中不允许有闪烁和短路现象。

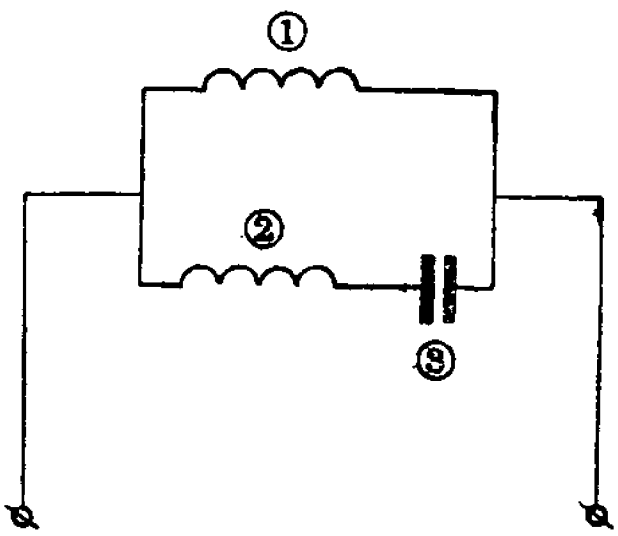


图3-16　定子绕组电路图

1—主绕组；2—副绕组；3—电容器。

6．前后端盖

前后端盖由铝合金压铸成形。主要用途如下：

（1）前后端盖配合作为定子的支撑架，用四根穿钉紧固成一体。

（2）作为转子轴承架，前后端盖配合，使转子能够灵活转动。前后端盖中心孔的准确度对于保证电动机定转子间的气隙均匀起着关键作用。

（3）前端盖的前脸是后网罩的固定支撑。

（4）前端盖的下方设有立轴，以保持电动机的水平位置。

（5）后端盖的后下侧联有变速齿轮箱。

它的技术要求是：整体结构，轻而坚固，压铸尺寸精确，一次成形，不另作加工。立轴不得松动，其轴线与前端盖轴孔中心线垂直度要精确。

7．立轴

立轴又称中心轴，是由25～45号钢经车床加工而成。直径为ϕ9.5mm，光洁度▽6即可。轴的总长为65mm与前端盖中心轴线保持垂直，铆合式铸接于前端盖下侧，它置于连接头前端的立

轴孔内．作为风扇摇头机构摇摆时换向的转动轴，见图3-17。

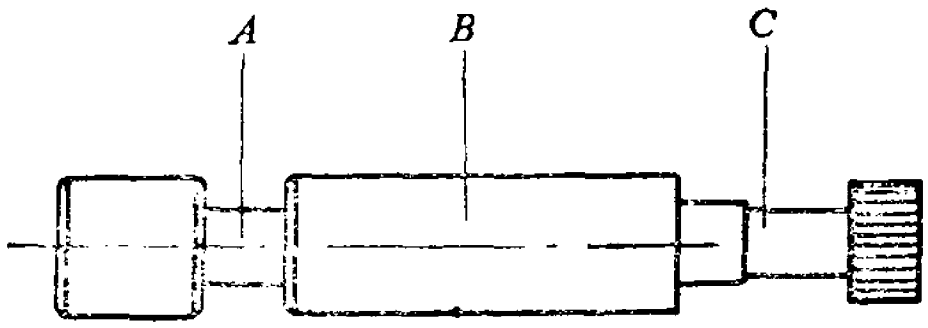


图3-17　立轴

图3-17中*A*部分为防止扇头向上窜动而发生零件移位的固定槽，*C*部分是铸在前端盖里面的滚直纹花，目的是防止脱落或打滑，*B*部分为旋转轴面，光洁度要求不高。

立轴松动是严重的质量事故。立轴与轴承的配合间隙要小于0.03mm，否则，将产生噪音、点头，摇头角度减小等故障。

8．紧固穿钉

紧固穿钉用以将前后端盖连接并紧固在一起。穿钉的螺杆部分在前端盖前侧伸出8～10mm，用厚六方螺母将后网罩固定于四根穿钉上即可。

四、电动机绝缘处理

电动机绝缘性能好坏是评定电风扇质量的重要指标。国产电风扇中，有些牌号多年来一直存在绝缘性能不够稳定的问题。根据国家标准，电风扇电动机的绝缘强度必须满足如下要求：在一定湿热状态下，在电动机上加1500V直流高压，进行历时一分钟的耐压试验，不允许有击穿或闪烁现象。

提高绝缘性能有两个问题不可乎视，一个是绝缘材料的选择，一个是浸漆工艺要求要严格。

槽绝缘材料目前常采用的有聚酯薄膜青壳纸。它具有较好的机电性能和吸漆性质，能与绕组粘合成一个坚实的整体，是较好的槽绝缘材料。

目前用竹楔价格便宜，但处理不好就容易发霉。霉菌吸湿则

形成导电通路，使绝缘电阻急剧下降。环氧玻璃布层压板性能较好，但成本较高。为了弥补这一缺陷可采用聚酯薄膜加聚酯纤维无纺布或玻璃布复合槽楔。

绝缘漆一般选用三聚氰胺漆。从耐湿热条件考虑，以环氧无溶剂漆、环氧酯漆为好。

浸漆工艺有两种：

1．浸烘法

（1）将嵌好线圈的定子放在烘干箱中加热至80℃，并保持两小时以上，以蒸发掉水份（烘干过程中要排湿气）。

（2）将烘干箱中烘干了的定子取出并立即放入准备好的浸漆池中。池中放有1032漆或1033环氧酯漆，液面要比定子绕组上端高出200mm以上。浸漆至少在10分钟以上，待漆液面上没有气泡逸出为止。

（3）沉浸好的定子（或其它部件）取出后，悬挂滴漆15～20分钟，使线圈吸收不了的多余漆可以从线圈中流出（回收后的漆仍可使用）。

（4）滴漆工序完成后，定子（零部件）不得磕碰，送入烘干箱。烘干箱温升控制在30℃/h以内。升温到20±1℃时，保温11～12小时。温升速度的控制直接关系到烘干质量。温升速度快，被烘干部件表面漆液结膜，就会出现里面湿软而外面硬干的现象，势必影响干透性。温升过慢，漆液表面会起气泡，又会导致耐压性能降低。

（5）达到烘干时间后，再进行第二遍浸漆，操作方法与上述相同，只是烘干箱升温控制可快些，可在60℃/h或不加温升控制，即可烘烤。温度为120°±1℃，保温11～12小时。

经两次浸漆绝缘处理后，定子圈的外面就覆有一层坚固而光泽又有一定韧性的绝缘漆层。浸漆要保证质量，必须在一定时间内进行抽查，加压测试。在第二次浸漆烘干时，每隔两小时抽查一次（一个），查合格后即为合格成品。

2．真空处理法

（1）真空处理法第一步工序步骤和沉浸法相似。

（2）放进真空筒中进行预热；

（3）给真空筒进行抽真空；

（4）打开真空开阀门，放入清漆；

（5）线圈被浸漆；

（6）给真空筒加压；

（7）抽掉真空筒内的漆；

（8）加热烘干。

工艺及温度要求同浸烘法。烘干完毕后，线圈需经过耐压试验，合格后即为成品。

五、单相电容式电动机运转原理

在单相电容式电动机的定子槽里放置两组分相式绕组。一组为主绕组，另一组为副绕组（起动绕组）。如图 3-18 所示为单相电容运转式电动机的运转原理图。

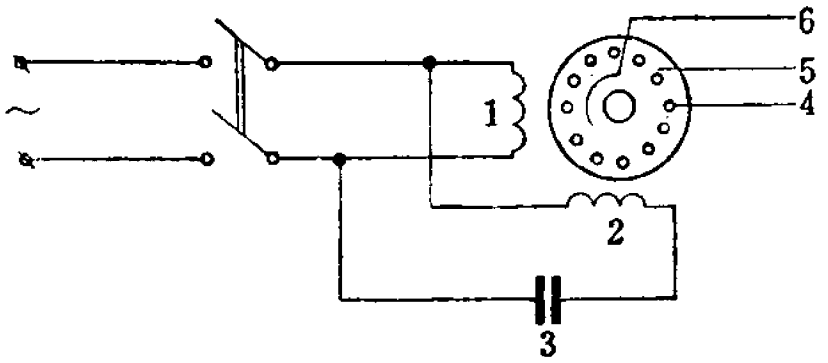


图3-18　单相电容式电机运转原理

1—主绕组；2—副绕组；3—电容器；4—转子导条；5—转子；6—转子旋转方向；7—闸刀开关。

两个绕组在空间位置上相差 90°相位角，并且在绕组中串联一支耐压400V～500V电容器（外型不一、电容量大小亦不一，要选择适当）。当主绕组、副绕组中通过单相交流电时，副绕组中的电流在时间上就比主绕组中的电流超前90°相位，先期达到最大值。这样，在时间和空间上都有相同的两个脉动磁场。在定子与转子之间的气隙中产生一个旋转磁场。图 3-19 所示为单相电容电动机的旋转磁场。

在旋转磁场的作用下，电动机的鼠笼式转子的导体中产生感生电流。该电流和旋转磁场相互作用而产生电磁场转矩（起动转矩），使电动机旋转起来。这种电动机产生的起动转矩较小，约为额定转矩的 1.1～1.6 倍，而起动电流较大，约为额定电流的

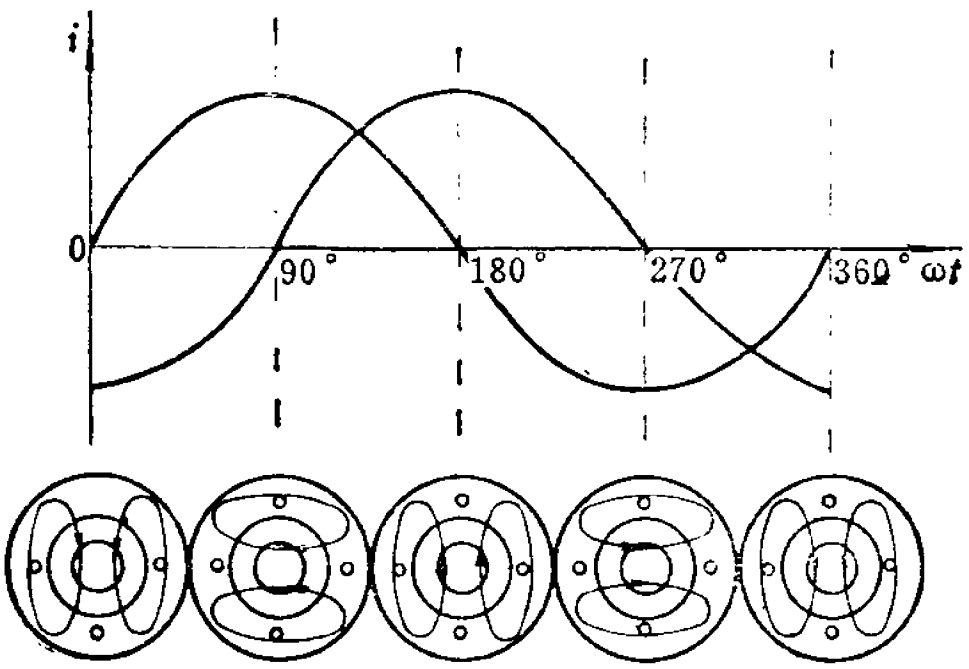


图3-19　单相电容电动机的旋转磁场示意图

6～9倍。

电容分相电动机是在辅助绕组中串入电容器，使辅助绕组电流超前主绕组电流90°相位角，获得圆形旋转磁场。这种电动机的起动转矩较大，约为额定转距的2.5～2.8倍。如果电动机达到额定转速后，切除辅助绕组，则称为电容起动电动机。若辅助绕组和电容不切除，一直参与运行，则称为电容运转电动机，实质上是一台两相电动机。电容运转电动机电容量的选择主要从电动机的运行性能来考虑。它的功率因数、效率和过载能力都比普通单相电动机高，运转也较平稳。

电容式电动机的旋转方向——由副绕组向着主绕组的方向旋转。

单相电源分裂为两相电源，分别和主绕组、副绕组连接。这种方法又称为分相式。也可以从图中分析得出这样一个改变电动转向的办法，即，电容运转式电动机只要倒换两个绕组中任一个绕组绕出线端，就能改变电动机的转向。而罩极式电动机用这种方法就不行。

六、电容式电动机特点

该电动机的特点是，起动转矩较大，起动电流小，效率和过

载能力都比普通单相电动机高，功率因数 cosφ 大，运转稳定可靠。缺点则是增多加了电容，成本高了些。

第四节　三相异步电动机

三相异步电动机也是交流电机的一种。与单相异步电动机相比，交流三相异步电动机起动转矩较高，有较大的出力。在工农业生产中各种电动机用来拖动生产机械、扬谷扇、脱粒风机、大型降温扇、排风扇等。

三相异步电动机亦是感应电动机。它的结构简单牢固、工作可靠、维修方便、使用年限长且成本低，因此，应用非常广泛。功率在一千瓦以上的通常做成三相电动机。

一、三相异步电动机结构

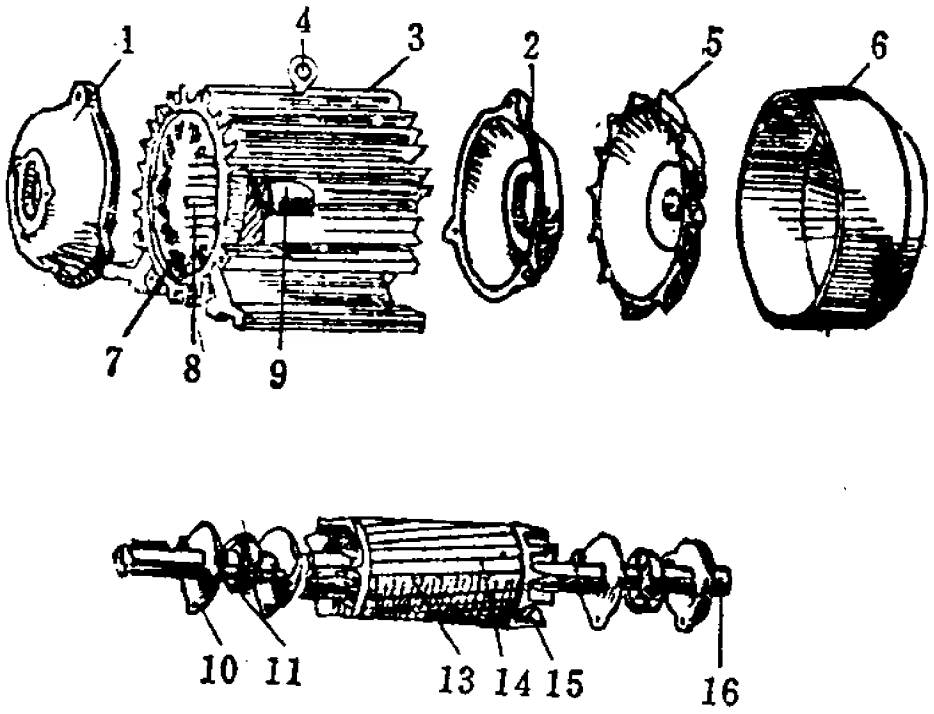


图3-20　三相异步鼠笼式电动机结构

1—前端盖；2—后端盖；3—定子；4—提环；5—风扇；6—风扇罩；7—定子绕组；8—定子铁芯；9—接线盒；10—轴承盖；11—轴承；13—转子铁芯；14—转子导条；15—小风叶；16—转子轴。

三相异步电动机结构简单。它主要由定子和转子两大部分以及其他附件组成。如图 3-20 所示，为一台肢解的鼠笼式异步电动机。

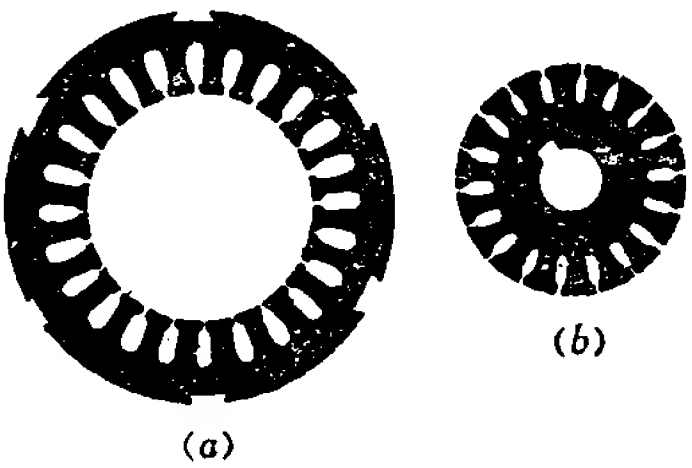


图 3-21

（a） 定子冲片；（b） 转子冲片。

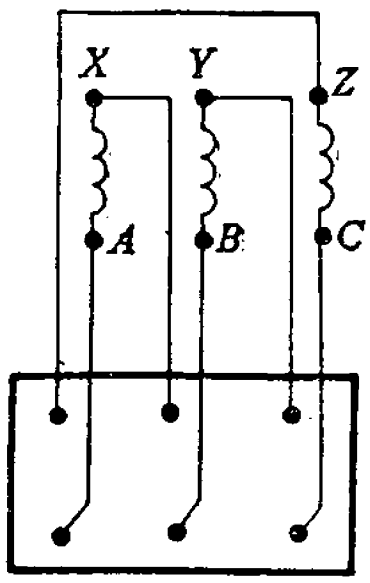


图3-22 定子绕组各端在接线盒中的排列

1．定子结构及绕组接线法

定子分为定子绕组、定子铁芯和外壳三部分。

定子铁芯是电动机磁通经过的部分。其主要作用是导磁。为减少磁滞和涡流损耗，环形的定子铁芯由冲了槽的 0.5 mm 的 $D_{22}\sim D_{24}$ 硅钢片（片间相互绝缘）叠压制成。如图 3-21 图所示为定子铁芯槽形。定子铁芯内圆的沟槽是用来嵌放定子绕组的。

定子绕组是异步电机定子部分的电路。它是由许多线圈按一定规律联接而成。能分散嵌入半闭口槽的线圈由高强度漆包圆铜线或圆铝线绕成；放入半开口槽的成型线圈用高强度漆包扁铝线或扁铜线，或用玻璃丝包扁铜线绕成。线圈放入槽内必须与槽壁之间隔有“槽绝缘”，以免电机在运行时绕组对铁芯出现击穿或短路故障。

根据定子绕组在槽内布置的情况，有单层绕组及双层绕组两种基本型式。容量较大的异步电动机都采用双层绕组。双层绕组在每槽内的导线分上下两层放置，上下层线圈边之间需要用层间绝缘隔开。小容量异步电动机常采用单层绕组。槽内定子绕组导线用槽楔紧固。其材料有竹、胶布板或环氧玻璃布板等。

定子绕组是电动机实现电磁能量转换的关键部件。它由铜或

铝的电磁线制而成，嵌放定子槽内。

三相电动机有三个定子绕组。它们可以联成星形，亦可以联成三角形。为了改变接线的方便，三相绕组的六根端线头都从内部引出来，分别和接线盒中的端子相接。图 3-22 所示为定子绕组各端线头在接线盒上排列情况。

图 3-23 所示为绕组接成星形的情况。

图 3-24 所示为绕接成三角形的情况。

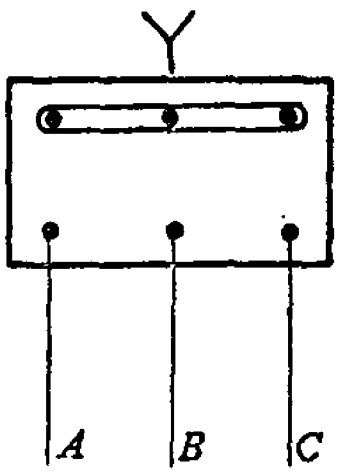


图3-23　排列星形的定子绕组

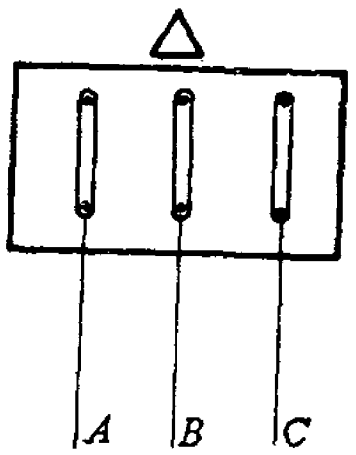


图3-24　接成三角形的定子绕组

三相异步电动机的绕组绝缘都是按照一定的电压进行设计的。

如果电源电压（线电压）等于电动机每项绕组的额定电压，那么，绕组作三角形联接；如果电源电压是电动机每相绕组额定电压的$\sqrt{3}$倍，则绕组作星形联接。

2．转子结构及绕组接线法

转子是由转轴、轴承、转子铁芯和转子绕组组成。

转轴是用锻钢车削而成，其作用是支撑转子铁芯和传递输出机械功率。

转子铁芯也是电动机磁路的组成部分。用 0.5mm 厚硅钢片冲制并叠压成形的，见图3-2。转子铁芯的外圆四周有供安放转子绕组的沟槽。

转子绕组有：鼠笼式和线绕式两种。

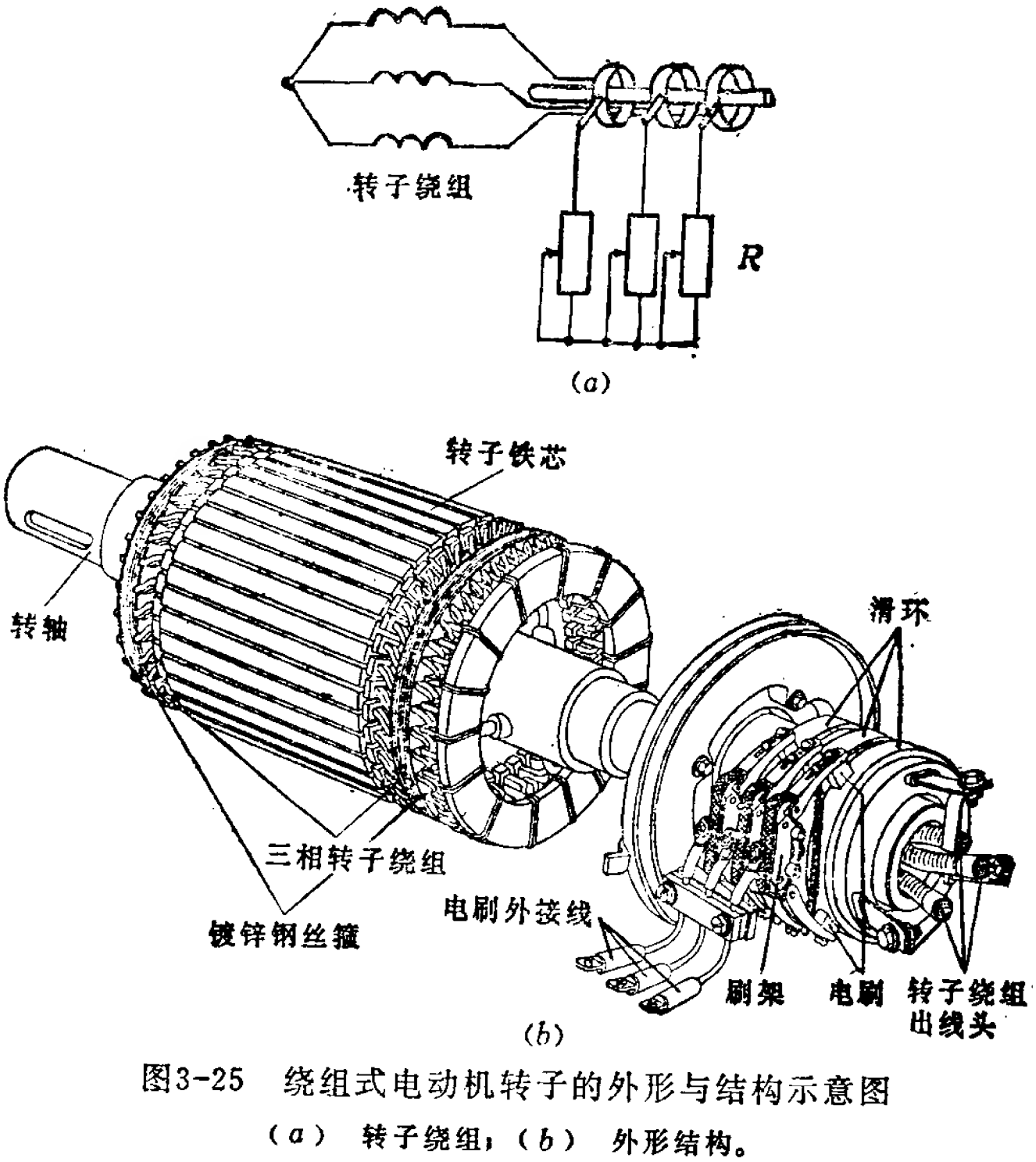


图3-25　绕组式电动机转子的外形与结构示意图

（a）　转子绕组；（b）　外形结构。

鼠笼式转子的绕组是由简单的铝或铜导条与端环组成，状如一个圆鼠笼，见图3-2（a）（b）。导条可是每槽一根铜条，在导条两端用铜环焊接起来形成转子绕组。为高效率生产和节约有色金属，中小型异步电动机转子现多采用锌铝压铸式。将导条、端环、风叶铸成一体，一次成型。为了改善起动性能，鼠笼式转子一般都采用斜槽结构。此外，也有用双鼠笼式和深槽结构的。双鼠笼转子上有内外两个鼠笼，外鼠笼导体采用电阻率较大的钢条，内鼠笼导体则采用电阻率较小的紫铜条。

线绕式转子绕组和定子绕组相似，也是采用绝缘导线绕制成三相对称的绕组。转子的三相绕组一般都接成星形（Y），三根引出线分别连接到固定的转轴上的三个铜制滑环上。环与环之间

及环与轴之间都彼此绝缘。在各个环上都装有一对电刷，通过电刷使转子绕组与外电路（如起动或调速用电阻）接通。线绕式转子又叫滑环式转子。

具有鼠笼转子的电动机称为鼠笼式电动机。具有线绕转子的电动机称为线绕式电动机（又称滑环式电动机）。线绕式电动机转子的结构与外形如图 3-25（a）、（b）所示。

二、三相异步电动机工作原理

1、旋转磁场的产生

所谓旋转磁场，就是按一定的方向，以一定的速度不断旋转的磁场。

取一个能够自由转动的铝盘，把它装在能旋转的马蹄形磁铁的磁极附近，如图 3-26 所示。

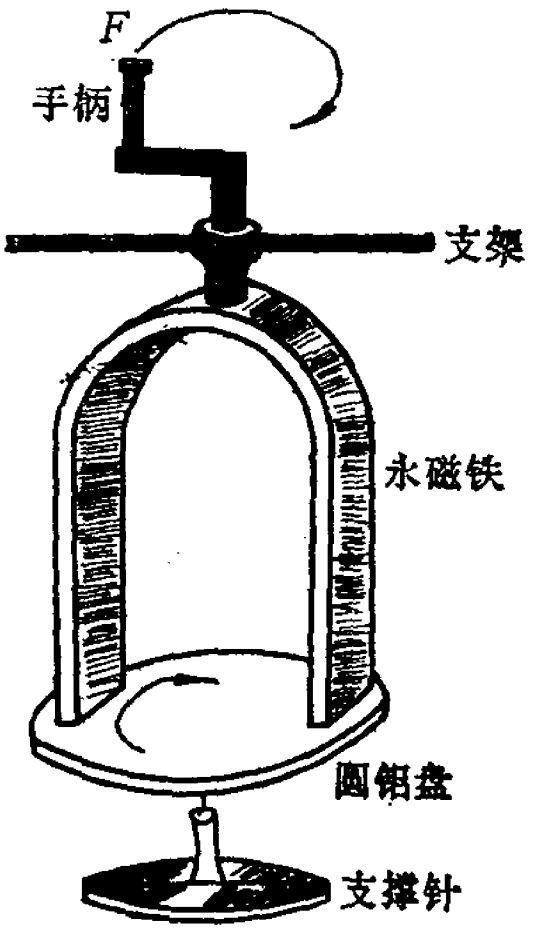


图3-26　旋转磁场演示装置

摆动手柄使磁铁旋转，可以看得到铝盘也随之旋转。但它转动速度要比磁铁旋转得慢。

铝盘的旋转说明了，由于磁铁的旋转磁力线掠过铝盘，并使其中产生感应电流（涡流）。这涡流和磁铁的磁场发生作用，使铝盘受到作用力。所以，就跟着转动起来。这就是感应电动机的工作原理。不过，旋转磁场的产生，不但可用转动的永久磁铁获得，还可以用其它的方式获得。在感应电动机中，旋转磁场是利用三相交流电通过绕组产生的。图 3-27（a）（b）所示为一个最简单的三相感应机。感应电动机的三个相对静止不动定子绕组位置排列如图3-27（a）所示。

这三组绕组在空间彼此相隔120°。每组绕组有两支绕线端。用A、B、C分别代表绕组的起端，用X、Y、Z分别代表绕组的末端。将这三组绕组连接成Y形或△形，在绕组中通入三相交流

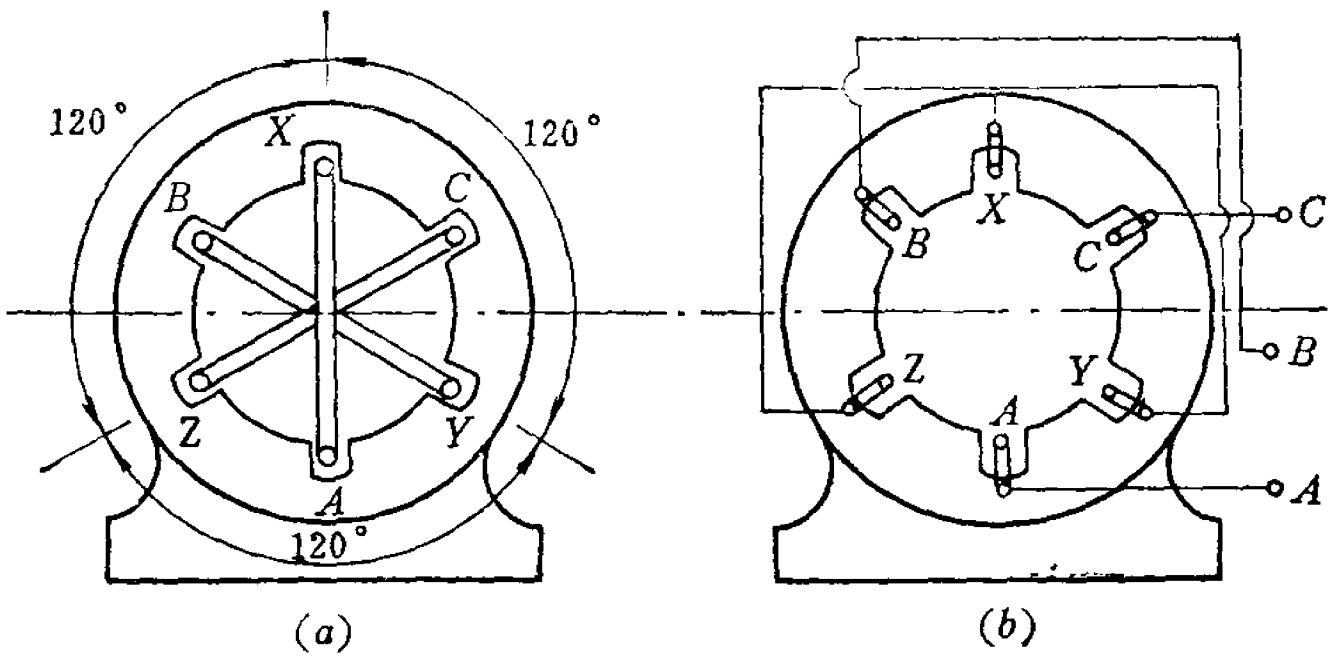


图 3-27

（a）三相感应电动机绕组排列位置；

（b）三相感应电动机“Y”形接线图。

电。如图3-27（b）所示为定子绕组作Y形接线，X、Y、Z接在一起，起端A、B、C与电源相接。

如图3-27（b）所示，把三相交流电源接入三相绕组A、B、C端，定子绕组中便通过三相对称的电流i_A、i_B、i_C，其波形如图3-28所示。

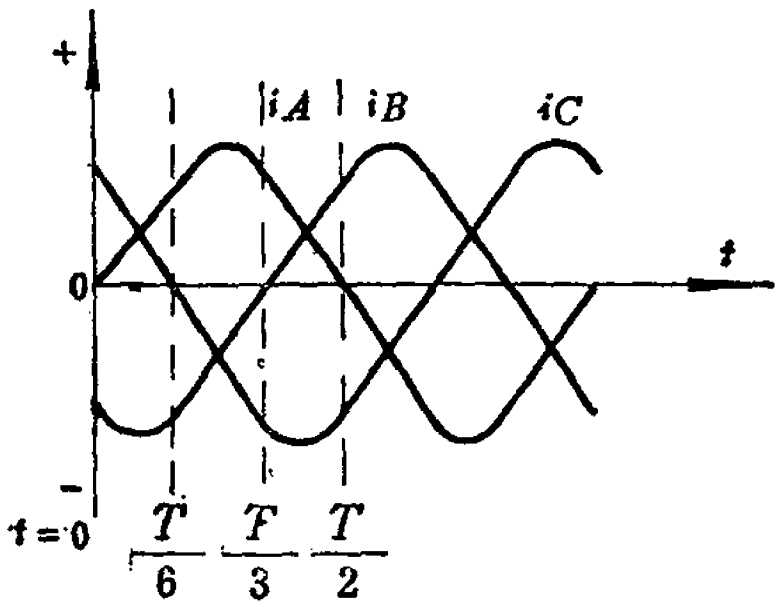


图3-28 三相定子电流波形图

假设三相交流电的正方向从绕组始端流入（以符号⊗表示），末端流出（用符号⊙表示）。下面从几个不同时刻来分析交变电流流入定子绕组产生的合成磁场方向。

当 $t=0$ 时，$i_A=0$，A 相绕组内没有电流；i_B 为负值，B 相绕组电流由 Y 端流进，B 端流出；i_C 为正值，C 相绕组的电流由 C 端流进，Z 端流出。用右手螺旋定则可确定合成磁场方向，如图3-29（a）所示。

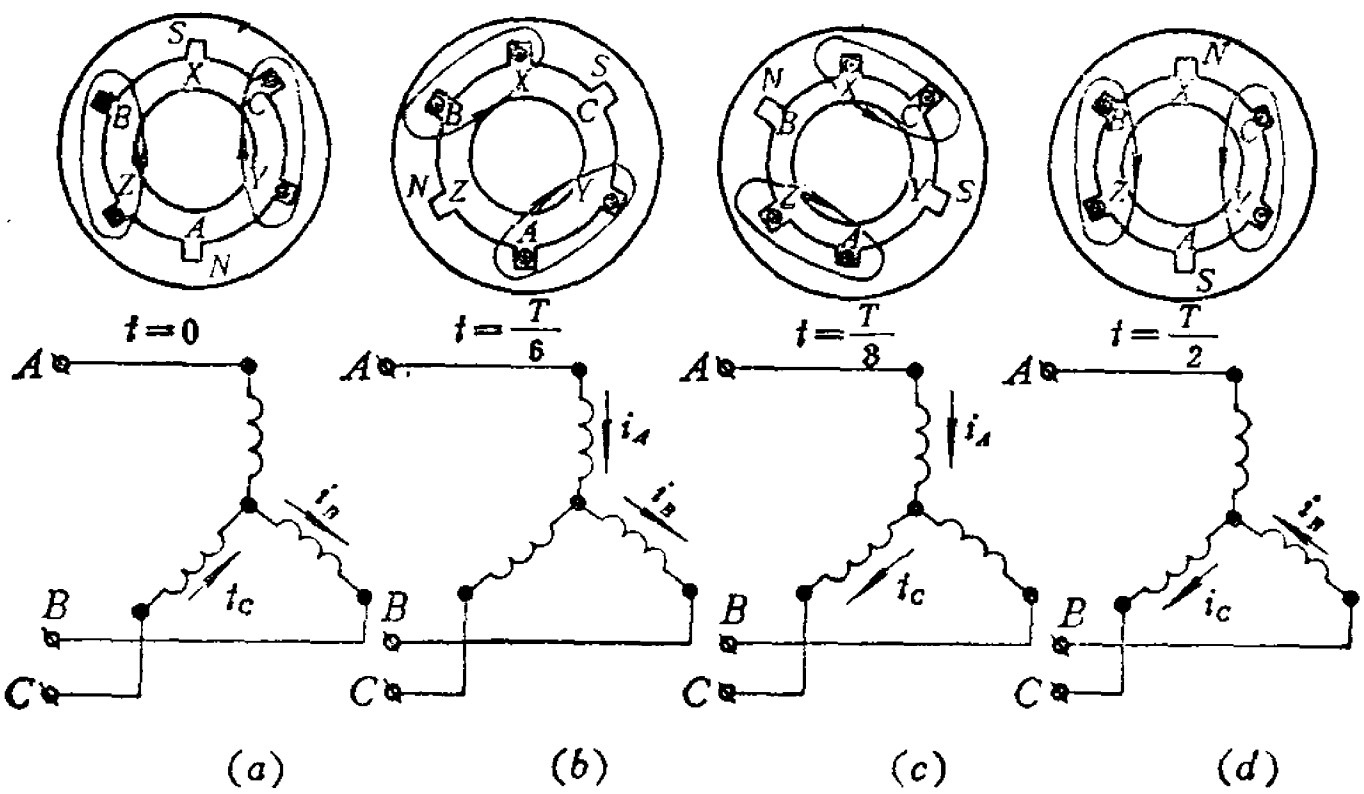


图3-29　两极旋转磁场示意图

$t=\frac{T}{6}$ 时，$i_C=0$，i_A 为正值，电流由 A 端流进，X 端流出；i_B 是负值，电流由 Y 端流入，B 端流出。此时合成磁场方向如图3-29（b）所示。从图可见，合成磁场的方向在空间按顺时针旋转了 60°。$t=\frac{T}{3}$ 时，$i_B=0$，i_C 为负值，i_A 为正值，合成磁场如图3-29（c）所示，其方向又顺时针旋转了60°。$t=\frac{T}{2}$ 时，与前同理，合成磁场方向旋转了180°，见图3-29（d）。从上述过程可知，随着定子绕组中的三相电流的不断变化，它所产生的合成磁场也在空间不断地旋转，因此，三相交流电通入定子绕组能够产生旋转磁场。

从上述过程还可知：（1）磁场是个两极磁场；（2）旋转

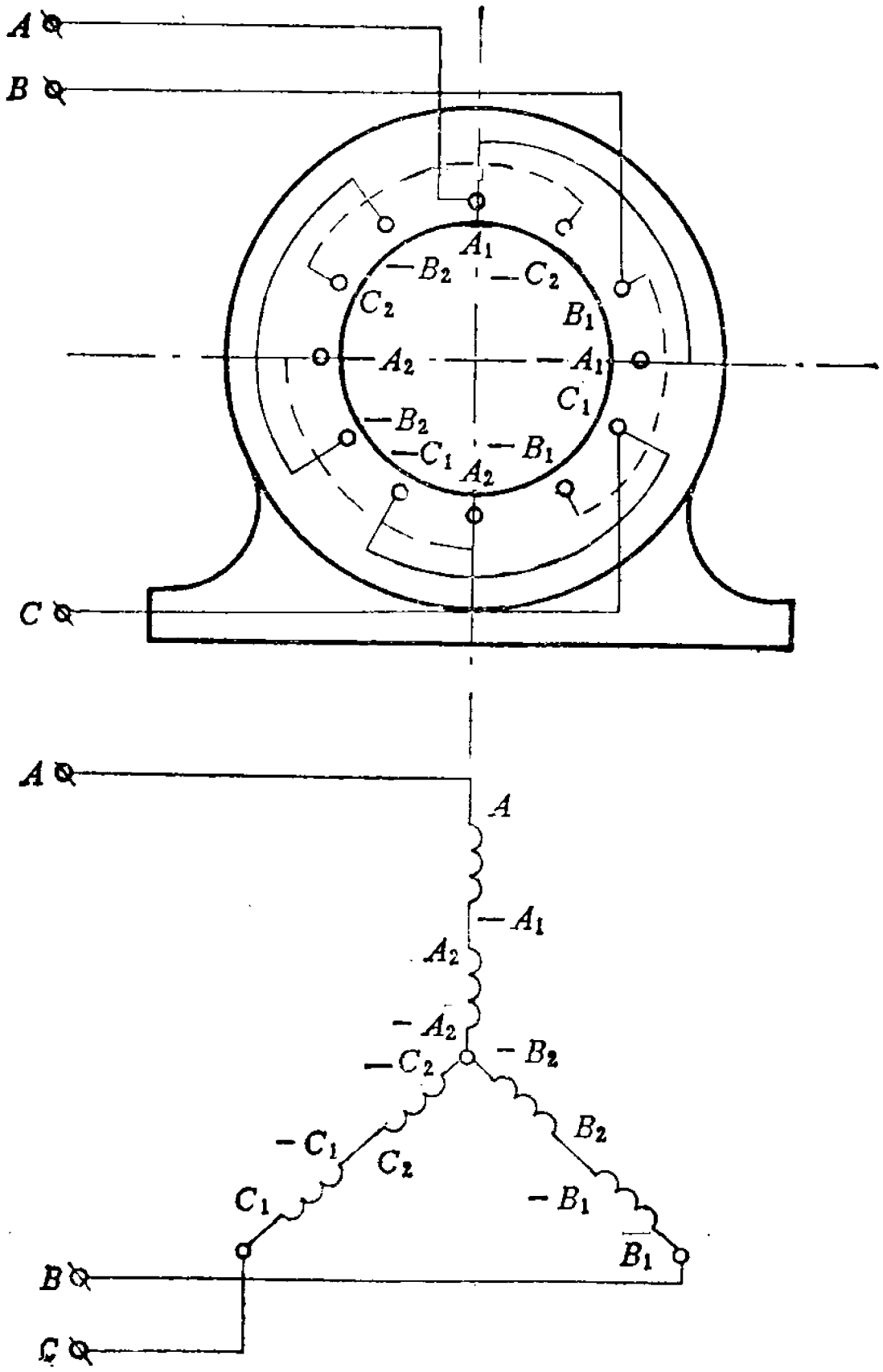


图3-30　四极绕组的布置示意图

磁场的转向与通入线圈中的三相电流的相序 $A \rightarrow B \rightarrow C$ 是一致的。若要改变旋转磁场的转向，只需把通入定子绕组的电流相序改变，即交换任意二根电源线即可。

上面例子表明，在定子中安排一组 A、B、C 线圈能产生两极旋转磁场。如果对称地安排两组 ABC 线圈即可获得四极旋转磁场，安排不同组数 ABC 线圈可相应获得 6、8、10、12 极旋

转磁场。图 3-30 所示为四极绕组的布置示意图。从该图，用相同的分析方法可以发现，当通入三相交流后，产生一个四极旋转磁场，与二极磁场不同的是当电流变一周时，磁场转了半周。根据(3-1)式可求出在工作频率为 50 赫兹时，不同极数旋转磁场的转速，见表3-1。

表3-1　50赫时不同极对数旋转磁场转速

极　数　2 P	2	4	6	8	10	12
旋转磁场转速n_1，r/min	3000	1500	1000	750	600	500

2．转子的转动原理和电动机的正常运行

前边已讲过，感应电动机的转子所以能连续旋转，是由于旋转磁场作用的结果（参见图3-26）。如果两者的转速相等，磁力线就不切割铝盘，铝盘中不产生涡流，也就不能产生使铝盘旋转的力矩。铝盘就不会发生旋转。

感应电动机定子通入三相交流电时，定子绕组产生的旋转磁场如图 3-31 所示。设该磁场以 n_1 速度顺时针方向旋转，就与静止的转子磁场间存在着相对运动，即可以认为磁场不动，而转子以 n_1 的速度作逆时针方向旋转。转子绕组切割磁力线，在其中产生感应电动势，但转子绕组是被端头铜环短路的，所以，转子绕组中有电流通过。感应电动势和电流的方向可用右手定则判断出来。在下半部是离开读者的，而上半部是朝向读者的。

在转子绕组中，由于感应电流和旋转磁场间的相互作用，产生了电磁力，这电磁力的方向可用右手定则来判定。电磁力作用在转子绕组上，而转子绕组又是嵌放在铁心的沟槽里，因此，形成电磁力矩。在这种电磁力矩的作用下，转子便开始旋转起来。由图 3-31 可以看出，转子的旋转方向和磁场旋转的方向是一致的。

设转子转速 n_2，在感应电动机旋转过程中，转子转速 n_2 不能达到和旋转磁场同样的转速 n_1，即 n_2 永远小于 n_1，所以，感

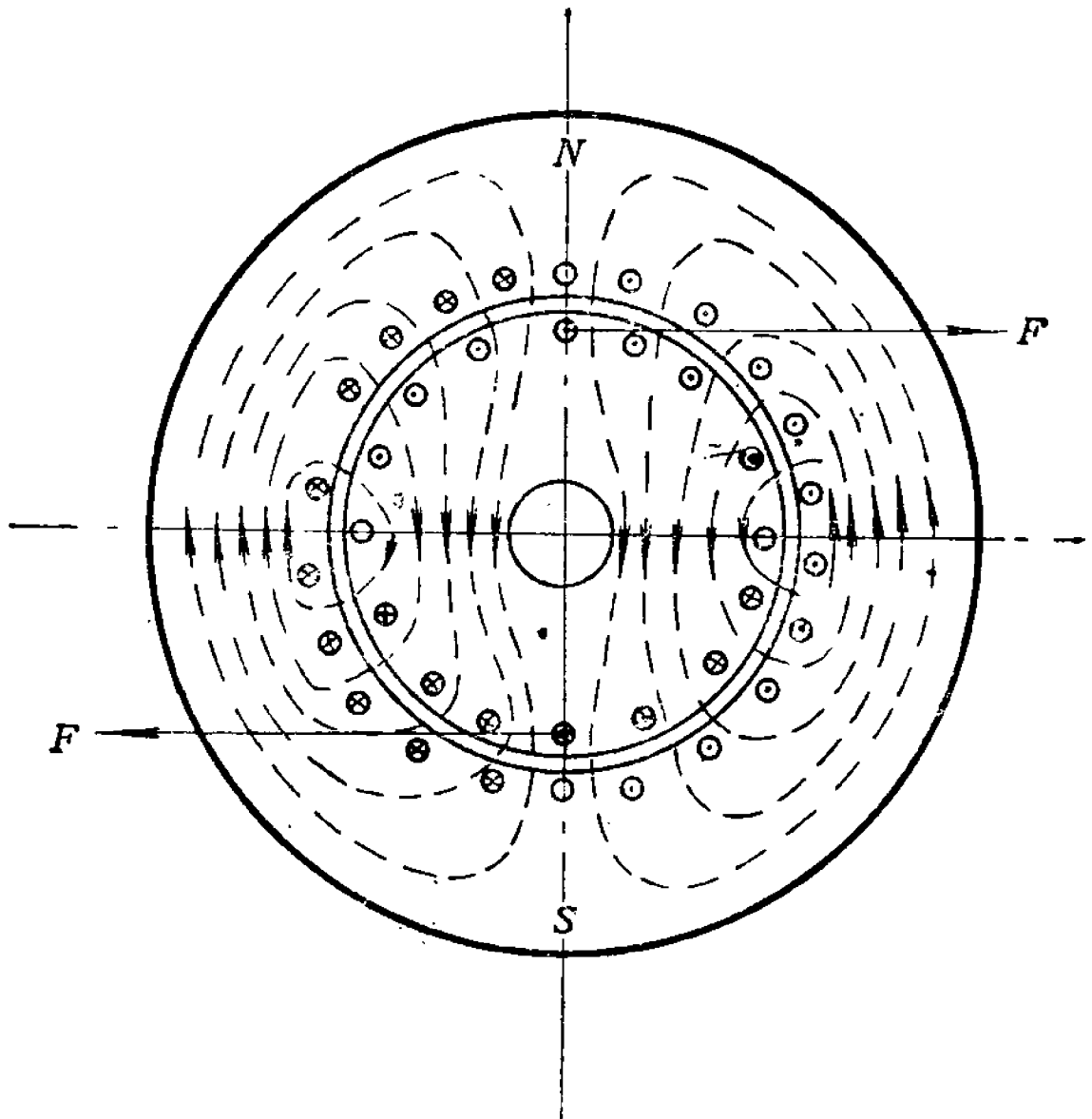


图3-31　感应电动机工作原理

应电动机叫做异步电动机。

旋转磁场的速度 n_1 与转子速度 n_2 之差，

即

$$n_1 - n_2$$

叫做转速差。转速差与旋转磁场速度 n_1 的比值（通常用百分数来表示）叫做异步电动机的转差率，用字母来表示如下，

即

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \times 100\% \qquad (3\text{-}3)$$

一般感应电动机在额定转速运转时的转差率约为 2～5 %左

右。小型异步电动机的额定转差率一般在1～7%之间。

例：有一台四极感应电动机，电压频率为50Hz，转速为1440 r /min。试求这台感应电动机的转差率

解：

已知：$P=2$ 对　$f=50$周/ s

$n_2=1440$ r /min

求：$S=?$

旋转磁场的转速 n_1 为

$$n_1=\frac{60f}{p}=\frac{60\text{ s}\times 50\text{周/ s}}{2}=1500\text{ r /min}$$

转差率 S 为

$$S=\frac{n_1-n_2}{n_1}\times 100\%=\frac{1500-1440}{1500}$$

$$\times 100\%=4\%$$

由于 n_2 的最小值为零，最大不能等于 n_1，因此，转差率 S 必定在0和1之间变化，即：

$$0<S\leqslant 1$$

电动机在正常运转时（即转速不变），电动机产生的转矩(即作用于转子上的电磁力矩）和加在电动机转子轴上的负载力矩大小相等，而方向相反。用M表示电动机产生的转矩，M_c表示负载力矩，这时，$M=M_c$，叫做平衡状态。

当外加负载力矩 M_c 增加，大于电动机的转矩时（即$M<M_c$），平衡状态就被破坏，转子转速 n_2 就要减小。由于旋转磁场转速 n_1 和负载大小无关$\left(n_1=\frac{60f_1}{p}\right)$，在 n_2 减小时转差率势必增加，于是，旋转磁场切割转子导体的速度加大，转子导体内感应电动势和电流也随着加大。这类似于变压器原、副绕组中电流的对应变化关系。当感应电动机的转子导体中电流增大时，其定子绕组中的电流也随着相应地增大。这样，电动机的转矩增大，直至$M=M_c$。电动机便在略低于原来的转速下稳定运行。

反之，当负载力矩减小（$M>M_c$）时，转子转速n_2上升，电流也随着减小。电动机转矩M下降，直至$M=M_c$。电动机便在略高于原来的转速下稳定运行。

第五节　直流和交直流两用电动机

直流电动机和交直流两用电动机在电风扇制造中应用很广泛。因为它可以均匀而平滑地调节速度的特点且起动力矩较大、起动过程短的特点。如永磁式直流电机由于没有励磁损耗所以具有较高的效率。又如交直流两用电机（又称通用电机），这种电机不受电源频率的限制，在一般工频下也能获得很高的转速。其体积比同容量其他类的电机小。应用于飞机、车辆、船舶上，微型桌扇、仪器仪表用扇等无交流电源的地方。工业、农业、科研及日用电器中应用很广泛。

一、直流电动机的结构

直流电动机主要由定子、电枢（转子）以及其他零部件组成。图 3-32 所示为直流电动机结构简图。

1．定子结构

直流电动机定子包括主磁极、换向极，机座和端盖等。

（1）主磁极（简称主极）由主极铁芯和套在它上面的激磁绕组组成，如图3-33（a）（b）所示，是用来产生主磁场的。主磁极包括极身和极靴（又称极掌）两部分。极靴较宽，下面成弧形，以使磁极下面的磁通分布均匀并使激磁绕组牢固地放在铁芯上。激磁绕组用绝缘铜线制成，然后套在磁极铁芯上。整个主磁极用螺钉固定在机座上。见图3-33（b）。为减少极靴表面由于磁通脉动引起的铁损耗，磁极铁芯通常用 1～2mm厚的普通钢板（亦可用 0.5mm 厚的硅钢片）冲片叠成。立磁极的数目可分 2 级、4 级、6 级和 8 级等。

（2）换向器（即换向磁极，又称附加极）如图 3-34 所示。其作用是使电流在换向时不致使电动机运行中电刷向下产生有害的火花。换向极铁芯多采用扁钢。大容量电机则采用薄钢片叠

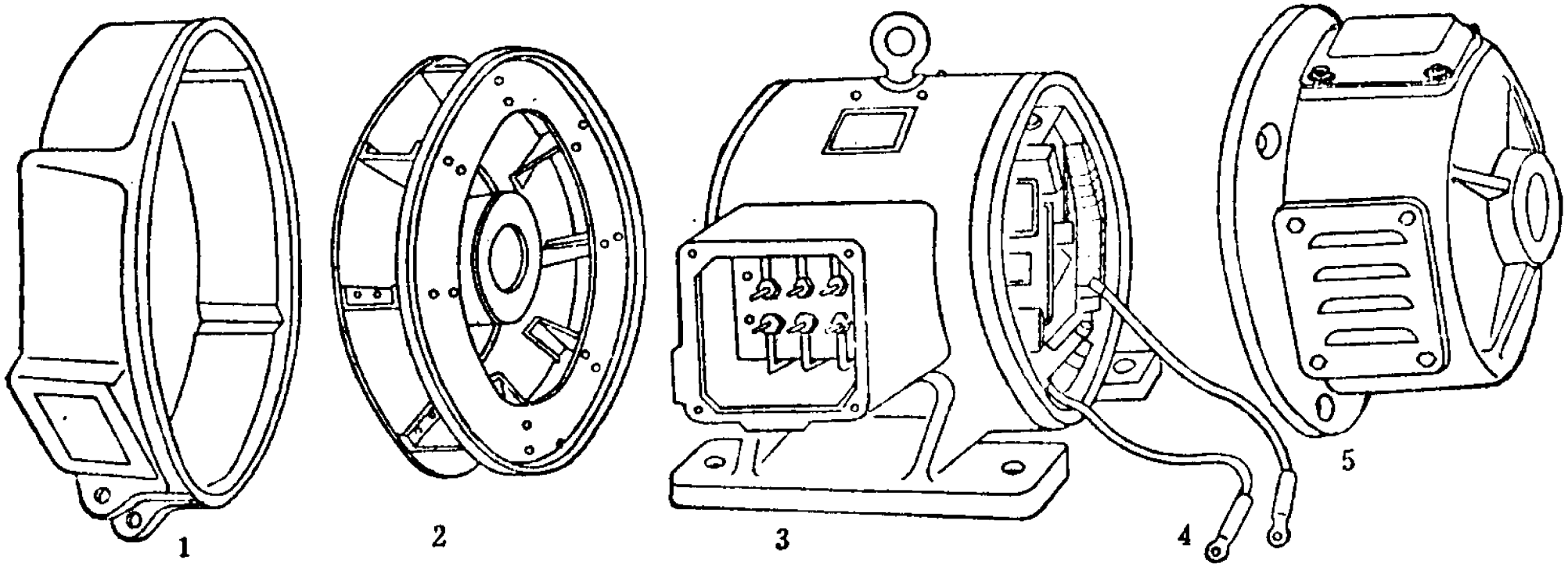


图3-32　直流电动机的主要部件

1—前端盖；2—风叶；3—机座；4—线端卡子；5—后端盖；6—电刷装置；7—转子。

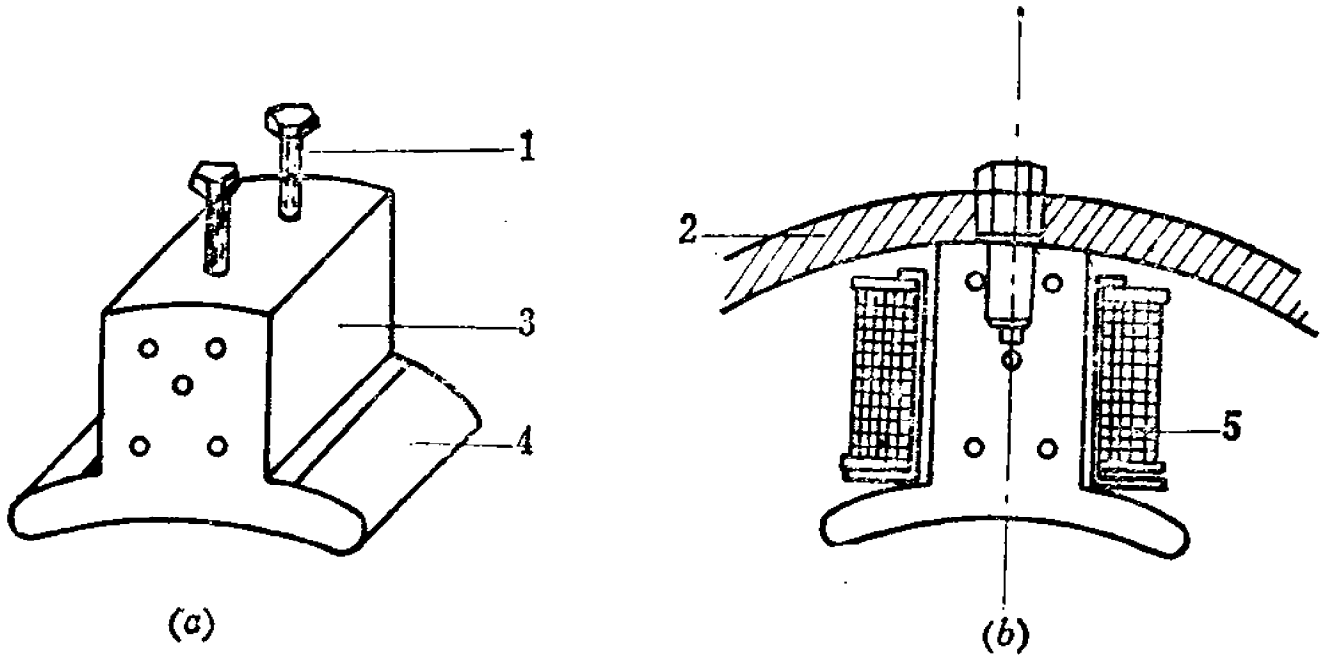


图3-33 （a）（b）直流电动机的主磁极

1—螺栓；2—机座；3—极身；4—极靴；5—激磁绕组。

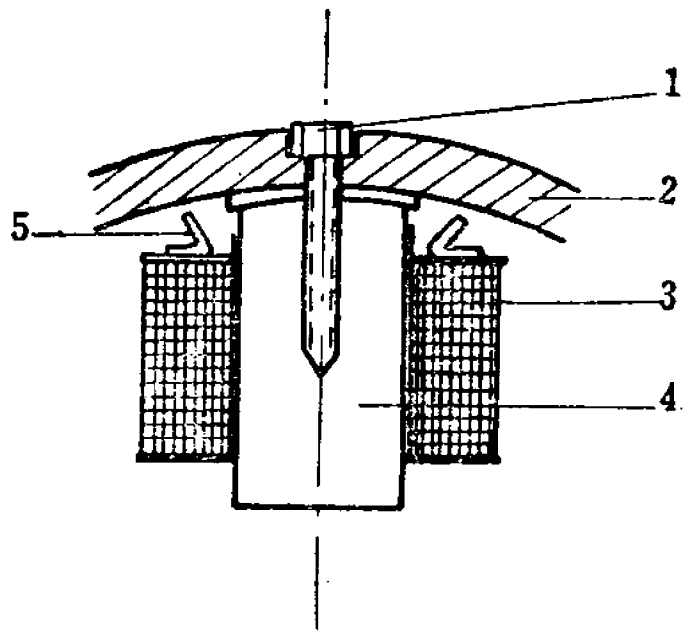


图3-34 直流电动机换向极

1—螺栓；2—机座；3—激磁绕组；
4—极身；5—角垫。

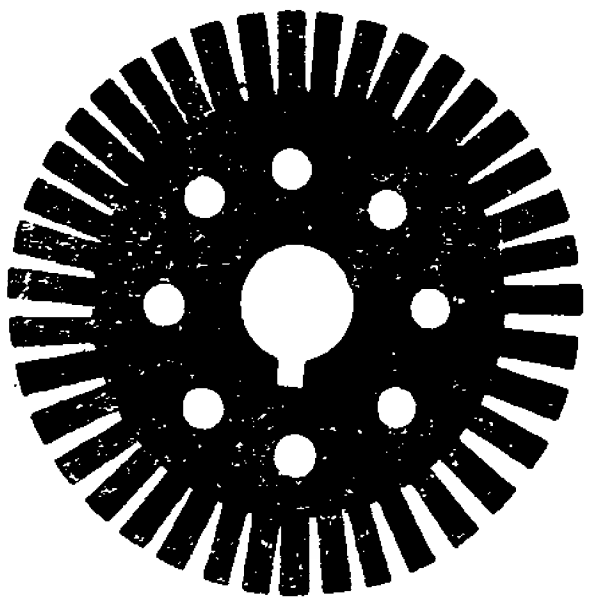


图3-35 电枢冲片

成。铁芯上套装换向极激磁绕组。换向极绕组与电枢串联。其极性根据换向要求确定。用右手螺线管定测判断绕组的结构。

（3）机座

机座，除作为保护和支撑外，还是电动机磁路的重要组成部分，构成磁路的部分叫磁轭。它是用铸铁、铸钢或钢板加工而成，具有良好的导磁性及机械强度。端盖与机座联接并支撑转子。

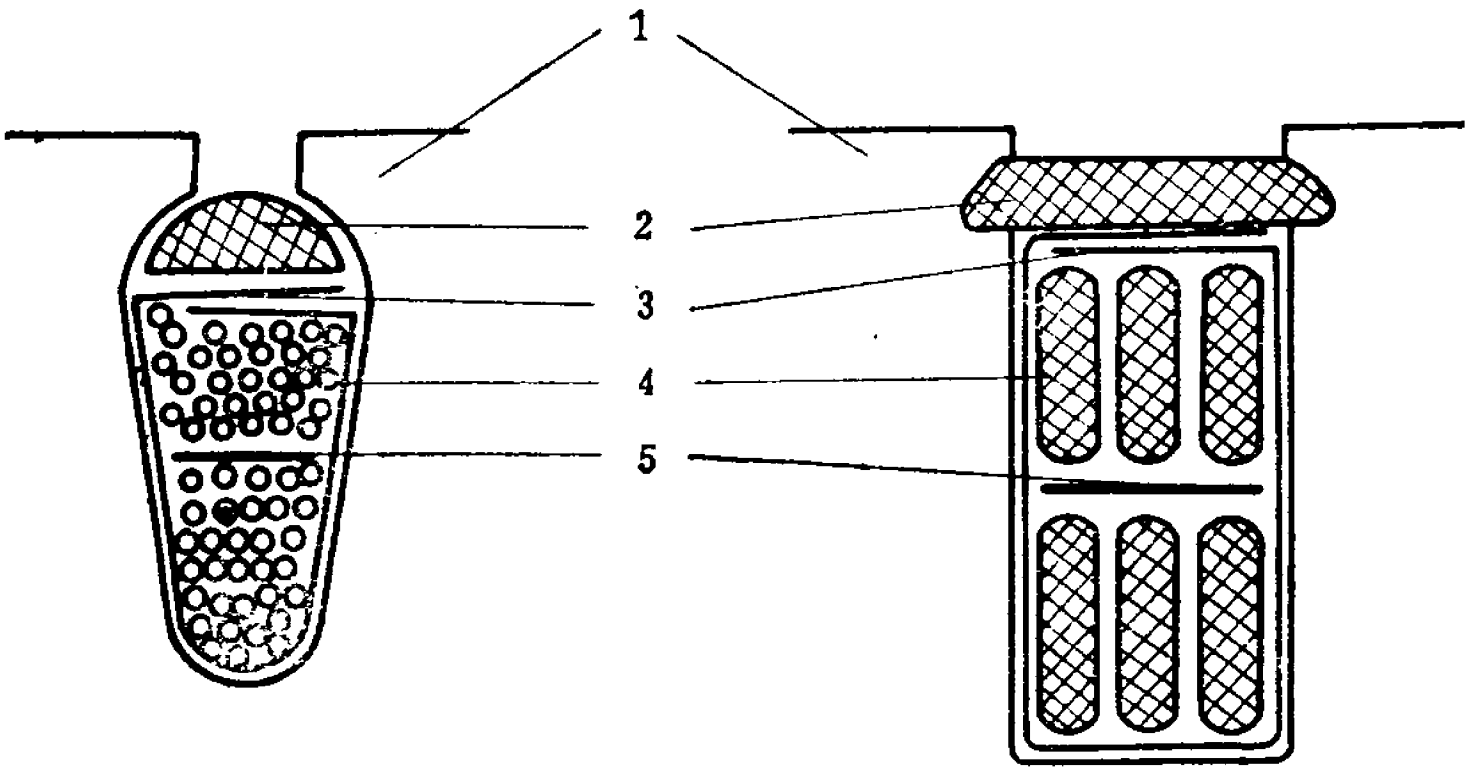


图3-36　绕组元件的截面

1—铁芯；2—槽口楔；3—槽绝缘；4—绕组；5—槽间绝缘。

2．电枢

电枢即转子部分。它由电枢铁芯，电枢绕组、换向器、转轴和风叶等组成，是进行能量转换的重要部分。

（1）电枢铁芯

电枢铁芯是用外圆冲有槽的硅钢片叠成的如图 3-35 所示。槽内放置电枢绕组，同时又构成电动机磁路的一部。为了减小磁滞与涡流损耗，电枢一般由相互绝缘的 0.5mm 厚的硅钢片叠装。叠装时，每隔一定片数就留有通风道，利用空气对流来冷却电枢。为加强冷却，转子轴上还带有风翼式风扇。

（2）电枢绕组

电枢绕组是由许多完全相同的线圈按一定的规律联接起来的。这些线圈叫做绕组元件。每个绕组元件的两端分别接到两个换向片上。通过换向片把这些独立的线圈互相联接在一起。绕组元件在铁芯中的放置情况如图 3-36 所示。

（3）换向器

换向器是一个重要部件，亦是易出故障而又不易维修的部件。它位于电枢的一端。换向器的主要部分由燕尾形铜片组成。

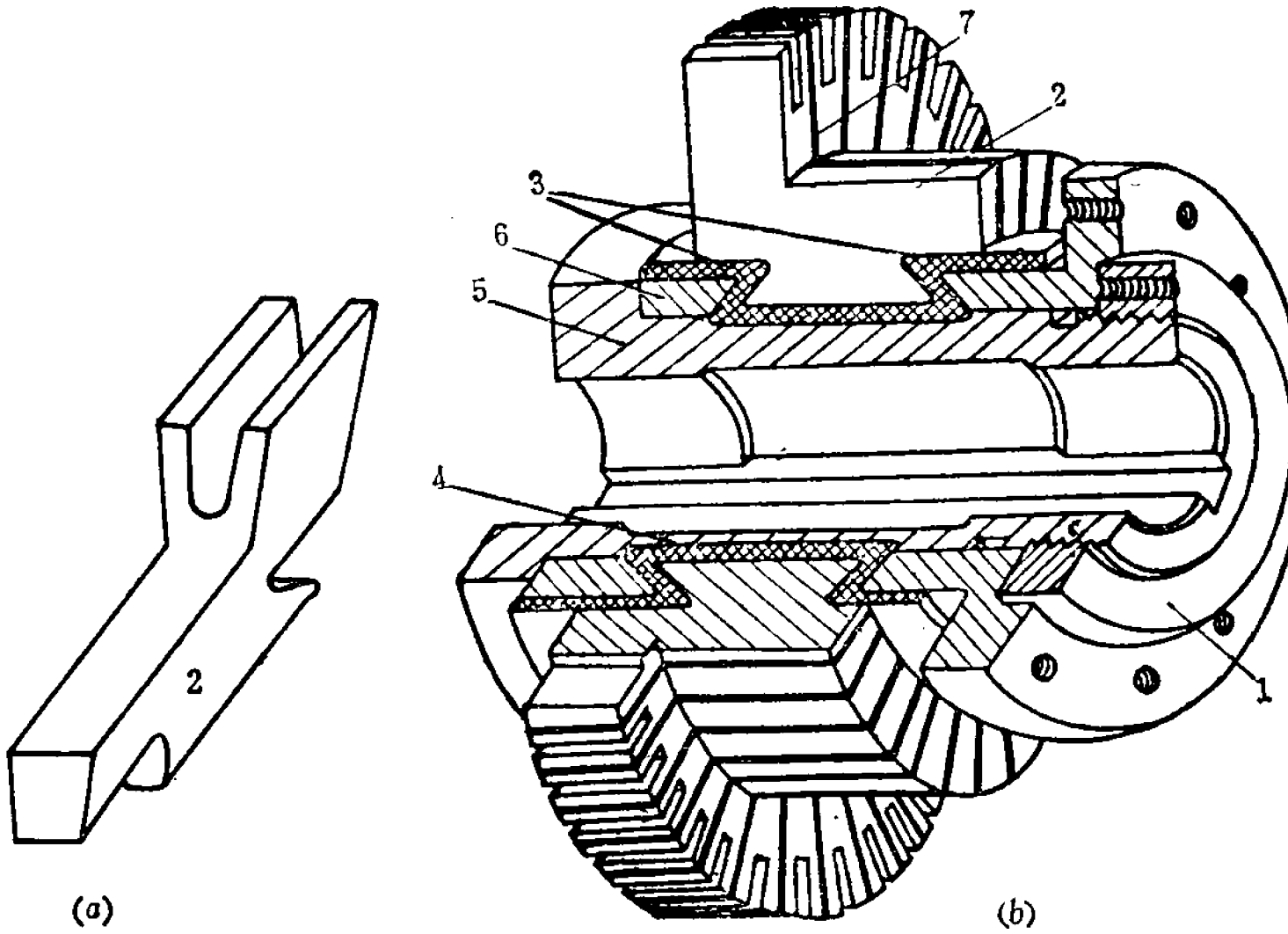


图3-37　换向器结构

（a）　换向片；（b）（c）　换向器。

在铜片之间及铜片与轴之间都用云母绝缘。电枢绕组的末端焊接在换向铜片的尾部（肩部）。换向片排成圆筒形，然后，用钢质V形套筒和V形环与换向器的燕尾部配合成一个整体。小型机已采用酚醛玻璃纤维塑料或ABS塑料压制换向器。换向器用来代替V形环结构。如图3-37（a）（b）（c）所示，为换向器的结构。

3．电刷与刷握

电刷是用炭或石墨做成的方柱体。电刷装置包括电刷、刷握、刷杆和刷杆座等，见图3-38(a)(b)。电刷放在刷握上的刷盒中，用弹簧压在换向器上。刷握用螺钉夹紧在刷杆上。按电流大小，每一刷杆上安有数量不同的电刷组成的电刷组。每组电刷通过铜线连接在一起。同极性各刷杆上的导线用汇流条接在一起，并用导线引到出线盒内的接线板上。电刷组的数目一般等于主磁极的数目。各相邻电刷组在换向器表面上的距离应相等。电机正常运

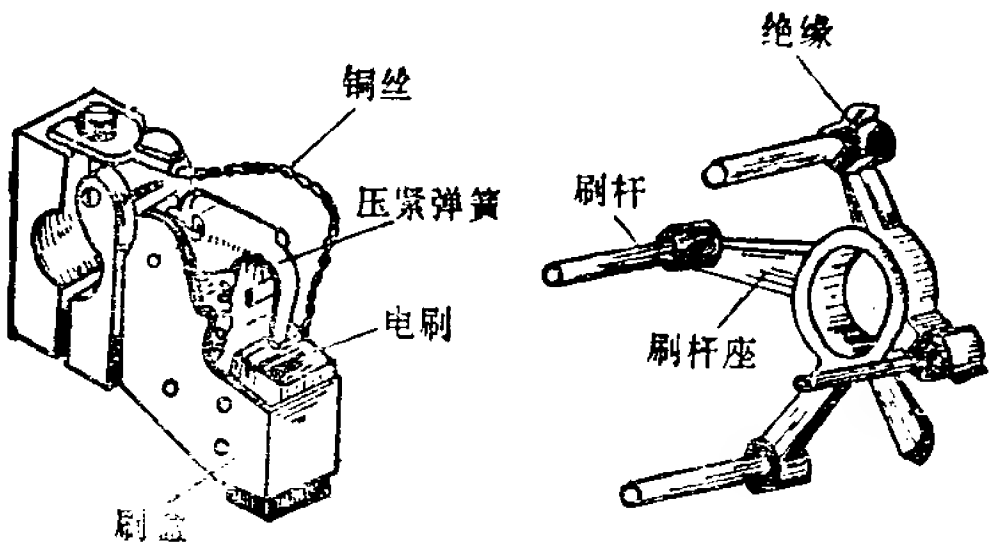


图3-38　电刷装置

（*a*）　电刷和刷握；（*b*）　刷杆和刷杆座。

行时，电刷应有一个正确位置。为便于调整电刷位置，刷杆都装在同一个可以转动的刷杆座上。电刷位置调整合适后，就可以把刷杆座用螺丝紧固住。刷杆与刷杆座之间加以绝缘。

4．端盖

一般用铸铁制成。有前后两个端盖。后端盖设有观察窗，可查检电刷工作时火花的大小。端盖通常作为转子的支承和安装轴承用。大型机的轴承装在轴承座上。

二、直流电动机工作原理

大家知道，通电的导体在磁场中会受到引力的作用。直流电动机就是根据这一原理制成，见图3-39（*a*）（*b*）（*c*）。用这个装置阐明直流电动机的工作原理。

这个直流电动机的模型装置在固定永磁体N和S极间设置一支以oo'为轴线转动的单匝硬铜线矩形线圈a、b、c、d，并在其两个引出端各焊接一个半圆环铜板$A'B'$作换向器。用两条薄铜板，一端压紧换向器，另一端和直流电源相接，并加以固定作为电刷AB在电源干路上设一开关K，线圈内的箭头表示电流

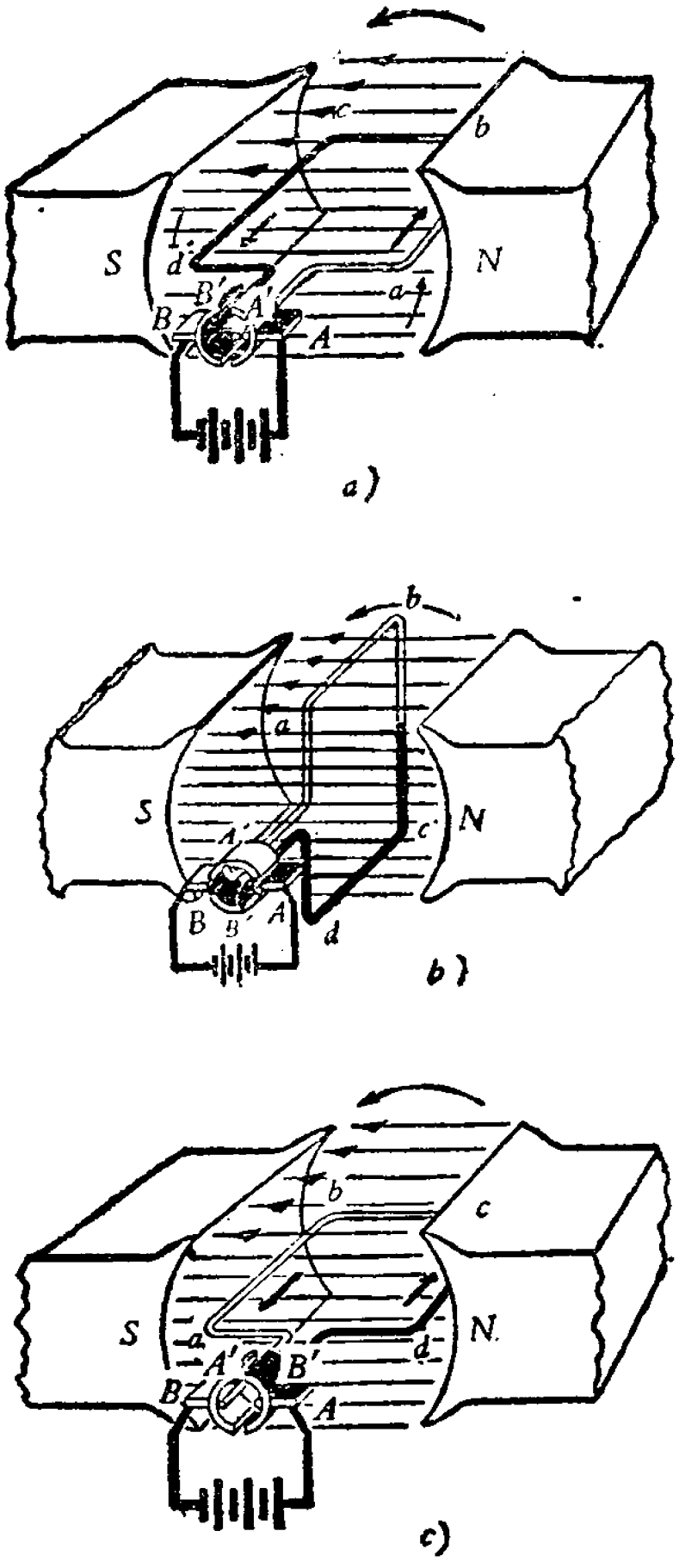


图3-39　直流电动机的工作原理

方向。轴承上的箭头表示线圈转动方向。

当K闭合时，电流从AA'进入，经过线圈$abcd$，从BB'流出，见图3-39(a)。此时线圈的转动用左手定则判断可得出ab边

向上cd边向下，以轴线为中心形成逆时针方向的力偶而旋转。当转至图 3-38(b) 的位置时，线圈在磁极的中性面上，线圈中没有电流通过。这时线圈不受磁场力的作用。在惯性力的作用下，线圈一过中性面，换向器也就掉换了它所接触的电刷，电流即自AB'流入（见图 3-38(c)），经$dcba$从$A'B$流出。这时在电磁力作用下，dc边向上，ba边向下移动，以轴线中心作逆时针旋转。如此周而复始不断旋转。断开K时，线圈即停止转动。

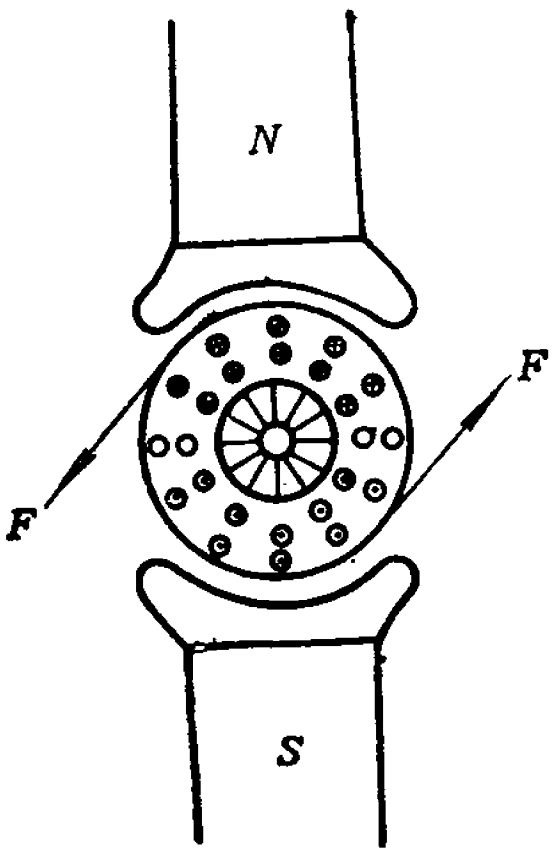


图3-40　直流电动机工作原理示意图

在上述过程中单匝线圈虽然可按一定方向在磁场内旋转，但其转矩甚小，不可能带动其他机械。线圈外于中性面时，转矩等于零，转速不稳定。此模型只可演示电动机原理，没有实用价值。如图 3-31 所示。实际电动机固定磁场是通直流电的定子激磁绕组使定子铁芯产生的。均匀而较大的转矩来源于按一定方向均匀排列于转子铁芯的电枢绕组，如图 3-40 所示，在其作用下再带动其他机器工作。

三、直流电动机分类及各类电路图

1．直流串激式电动机

这种电动机的特点是磁场绕组通过电刷换向器与电枢绕组串联在一起，故称串激式。它的两个绕组流过同一电流，所以，激磁绕组用线较粗、匝数较少。电路如图 3-41 所示。

2．直流并激式电动机

这种电动机的特点是电枢绕组和激磁绕组形成两个并联支路。由于并激绕组导线较细，匝数较多，在额定电压下流过的电流只有电枢额定电流的 1 ～5%。其电路如图 3-42 所示。

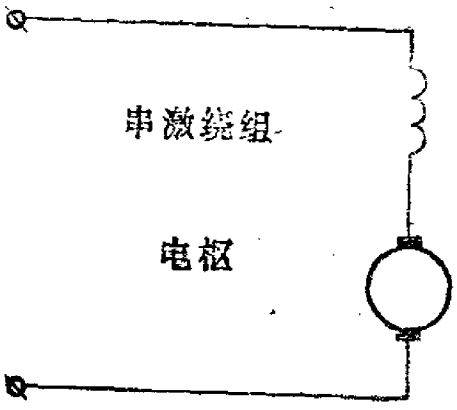


图3-41　直流串激式电动机示意图

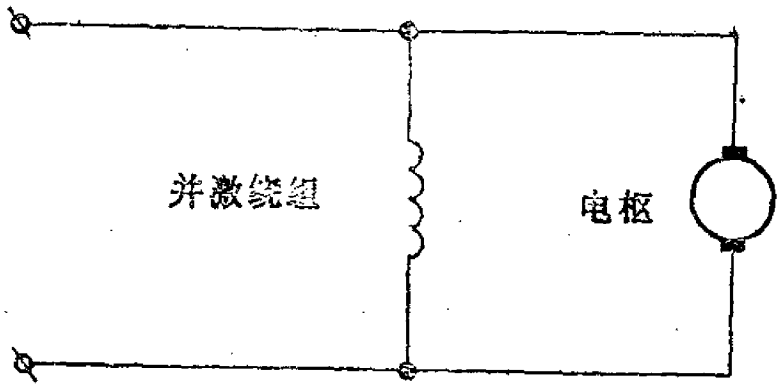


图3-42　并激式直流电动机电路图

3．直流复激式电动机

这种电动机的特点是在磁极上有两个激磁绕组。一个和电枢绕组串联，另一个和电枢绕组并联，故称为复激式电动机。其电路如图 3-43 所示。

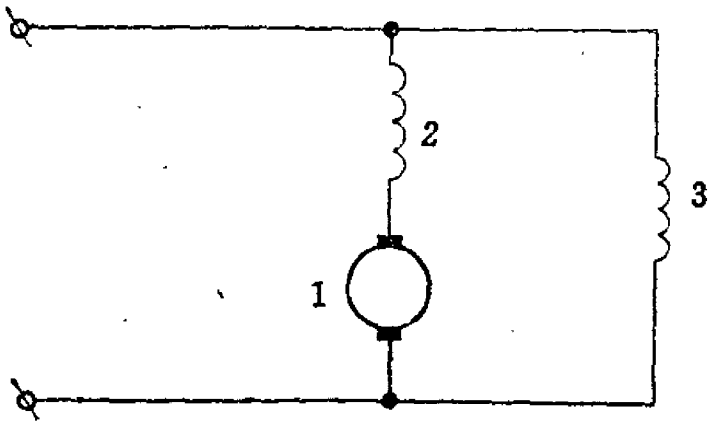


图3-43　复激式直流电动机电路图

1—电枢；2—串激绕组；3—并激绕组。

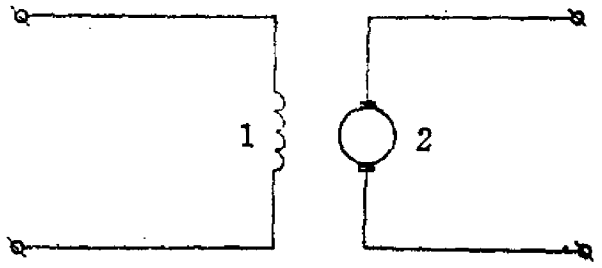


图3-44　他激式直流电动机电路图

1—他激绕组；2—电枢。

4．他激式直流电动机

这种电动机的特点是在改变电枢电压或改变激磁电流来调节速度变化时，两个绕组可分别接两个电源。这种激磁方式称为他激式。电路如图 3-44 所示。

5．直流永磁式电动机

这种电动机的特点是用永磁体作磁极。与直流串激式电动机

相比较，用永磁体代替了串激磁场。永磁是个恒定磁极，不受电枢电流变化的影响。但因磁场力所限，速度不会很快。一般用于单扇，其电路如图 3-45 所示。

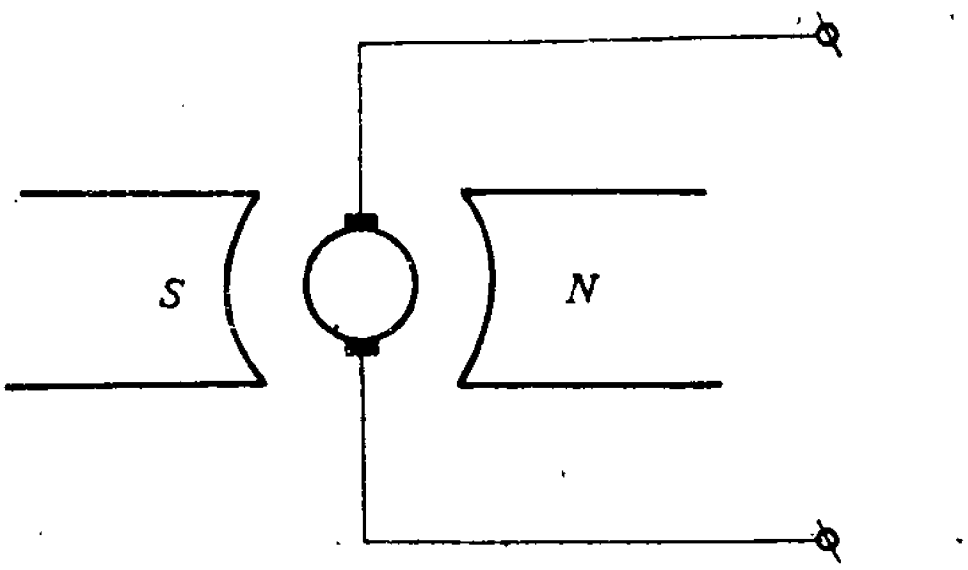


图3-45　直流永磁式电动机电路图

直流永磁式电动机的旋转方向易于改变，改变电枢接线的极性或改变磁场极性即可。

6．交直流两用电动机

这种电动机的特点是使用方便。无论交流电源还是直流电源，只要符合电机的额定条件均可使用。不但家庭、旅馆可用，连汽车、轮船、飞机都可用这种串激式电动机作为风扇电动机。

当使用直流电源时，其运转原理与直流串激电动机相同。只是这种电动机适应交、直流两种电源。为避免通交流电时在电动机定子铁芯中产生过大涡流而使其温升过快和效率降低，故要求交直流两用电动机的定子材料必须用硅钢片，以便具有较高的效率。

当使用交流电源（单相）时，电枢与磁场电源极性不同而同时变化，也就是说，电动机如同在直流电源中一样，仍能按一个方向转动。这种串激式电动机称为交直流两用电动机。

电动机的旋转方向的改变，是根据电枢的导体在磁场中受力的方向而确定的。根据左手定则不难断定，要改变直流电动机的旋转方向，保持磁场的极性不变而改变电枢电流的方向，或保持

电枢电流方向不变，而改变磁极的激磁电流方向。如果同时改变电枢电流和磁场的方向，那么，电动机旋转方向仍然不变。直流电动机旋转方向改变原理如图 3-46 所示。

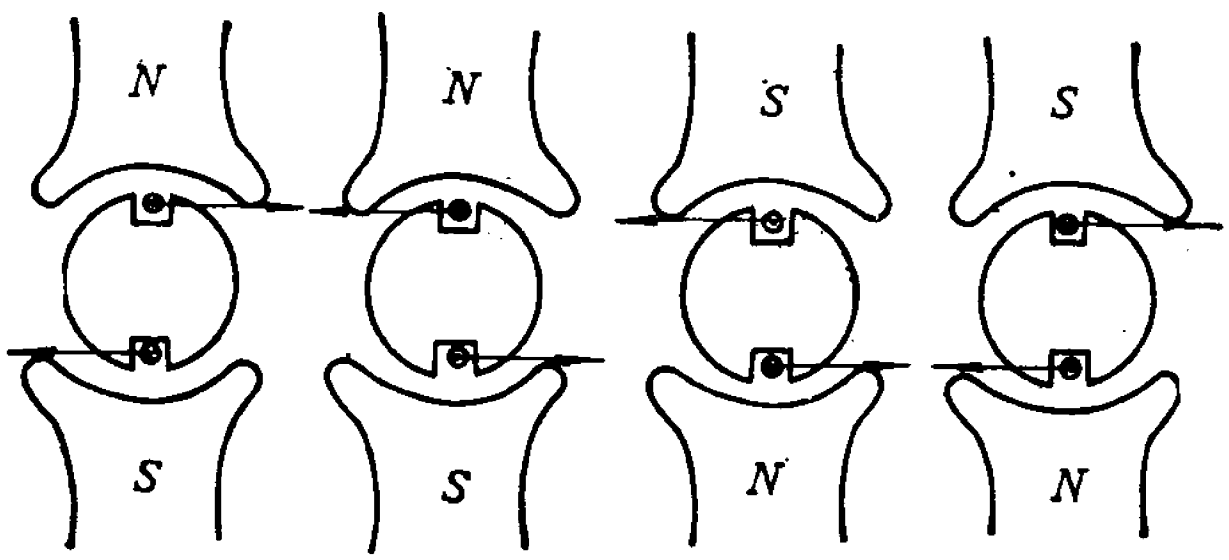


图3-46　直流电动机旋转方向改变原理示意图

上图从　左　⟶　右

N ⊙ ⊗ ⊗ ⊙

S ⊗ ⊙ ⊙ ⊗

第四章　电风扇结构

电风扇的整体结构可分机械结构和电气结构两大内容。下面分别介绍。

第一节　电风扇机械结构

电风扇有很多种类型，（见第一、四章）如：台扇、落地扇、壁扇、吊扇以及排气扇等。但是，从结构上分析来看，虽形式不一，但结构上相同相似的有风叶、网罩、电动机、变速箱、摇头机构、连接头，底座支撑部分等。

一、风叶

风叶是电风扇的重要组成部分。它的主要作用是通过高速连续旋转，加速空气的流动，使局部环境的空气对流，起到降温和加快换气速度的作用。

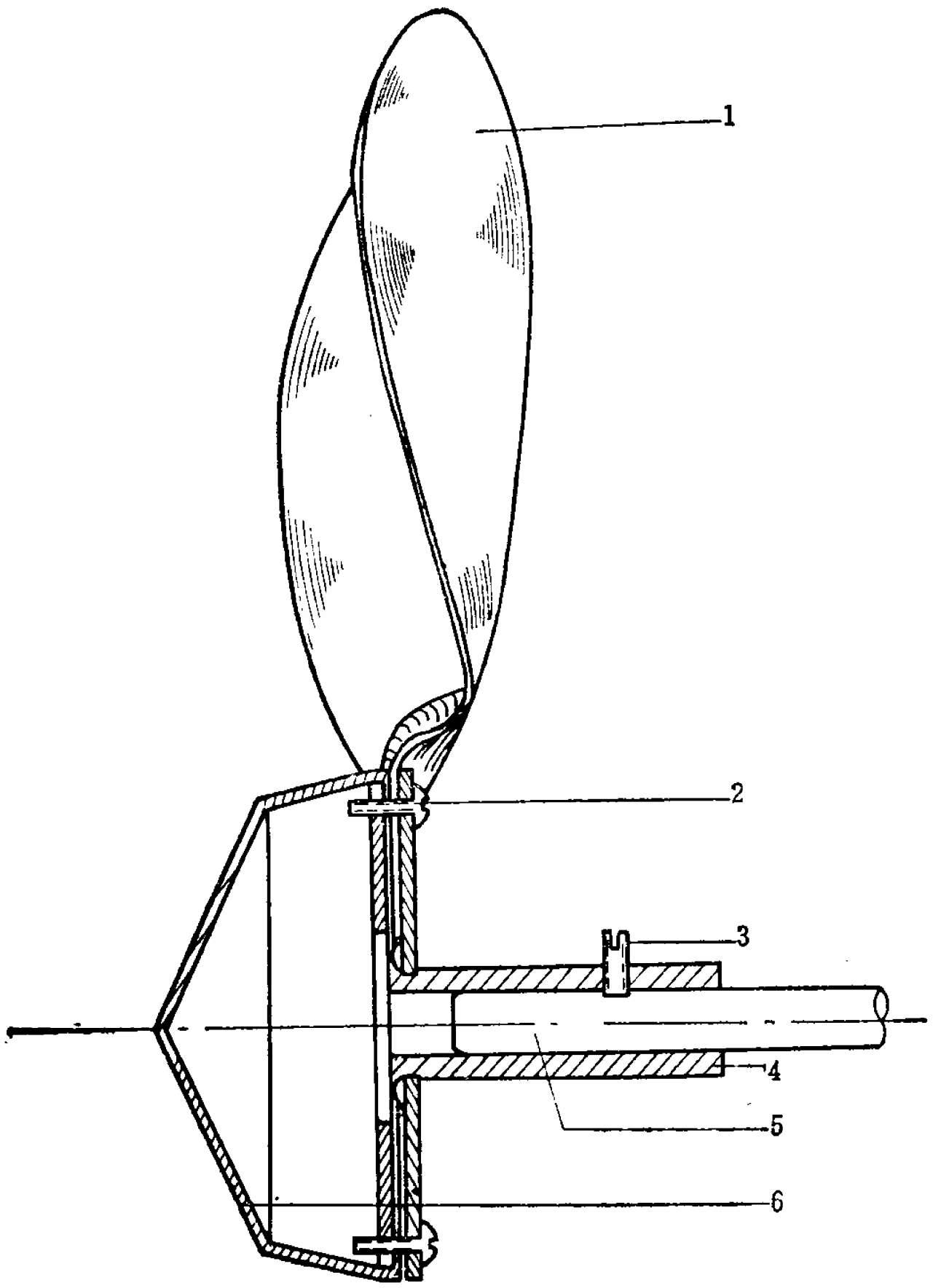
1．电风扇风叶规格见表 1-1

2．电风扇材料

国内大多数生产电风扇的厂家，普遍使用L_5矽合金铝板，厚度为 1～1.5mm。由于对风叶的技术要求标准很高，选料至关重要。风叶的厚度公差不得大于±0.05mm，且一组风叶一定要一致。由于风叶旋转速度高，风叶抵抗空气阻力而不断产生微小形变，所以，要有良好的弹性和钢度，其布氏硬度一般为 HB35～49。风叶选料不当，风量达不到要求，还会出现噪音，甚至发生断叶，造成严重后果。

3．风叶的组件结构

风叶整体冲制成型，一般用于规格较小的 200～250mm 风叶。分片冲压成型，再与风叶轴套铆合的有 300～1500mm 风叶。也有些厂家用螺钉将风叶紧固在铝合金铝套上，加盖法兰盘，起加



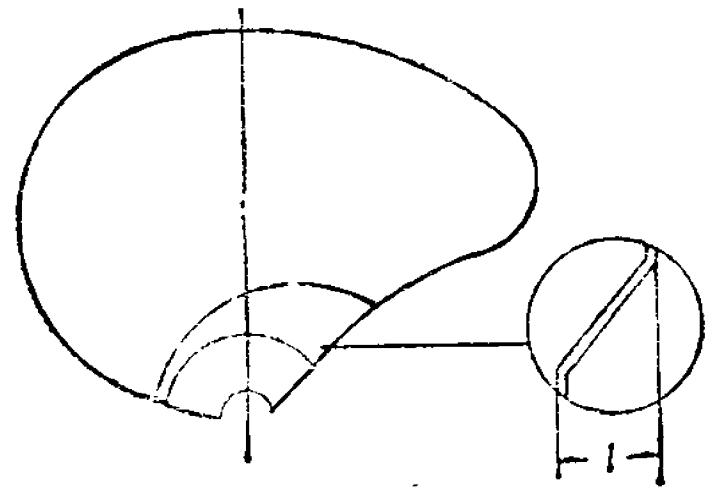
(a)

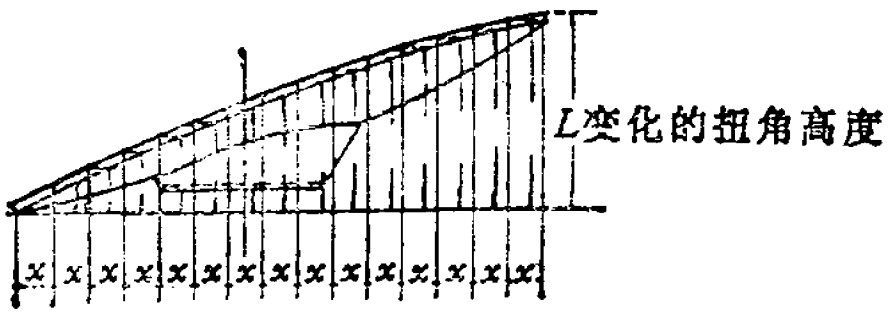
图4-1

风叶

1—风叶；2—紧固螺钉；3—顶

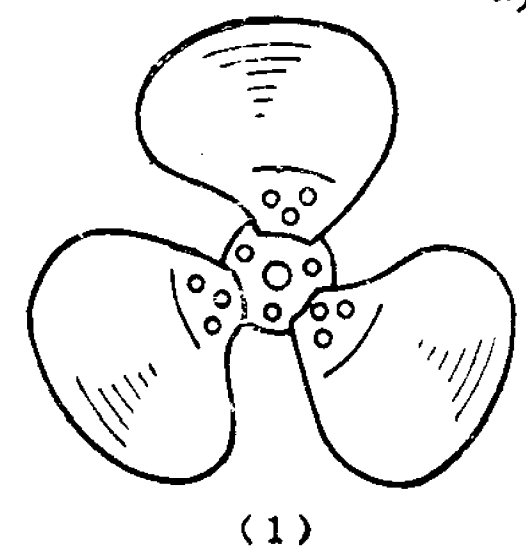
（b） 风叶扭角图；



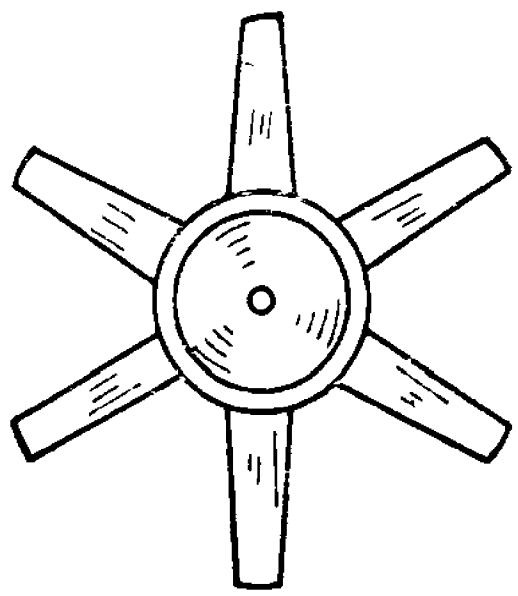


x是平均分段长度

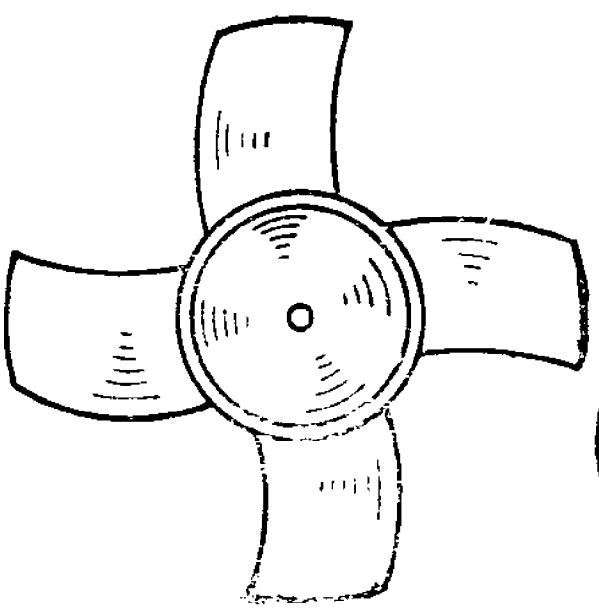
(b)



(1)



(2)



(3)

(c)

(4)

的组件

丝；4—轴套；5—转子轴；6—风流箱。

(c) 不同型式的风叶。

固作用。这种风叶损坏后可以更换新叶。但是这种结构容易松动。风叶组件如图4-1(*a*)(*b*)(*c*) 所示。

为了使风叶旋转时能受到均匀的压力和减小阻力，叶片的设计应从叶根到叶梢和叶顶各个断面具有不同的扭角。

风叶有三、四、六叶为一组的。组叶数多少根据转速和送风量而定。但每组风叶的调整都是关系到风扇能否达到设计标准的关键。例如，一个 400mm风叶在电机拖动下以 130r/min (转/分)的速度旋转，点线速度可达 35m/s (米/秒)。若一组风叶的重量、扭角角度、材料厚度、硬度、弹性不一致，其后果可导致噪音增大、送风不匀、扇头不稳，甚至整机抖动等现象。长期如此，电机轴承等零件必然损坏。

4．风叶调整

装机前，对风叶进行静平衡和动平衡的调整，以防上述情况

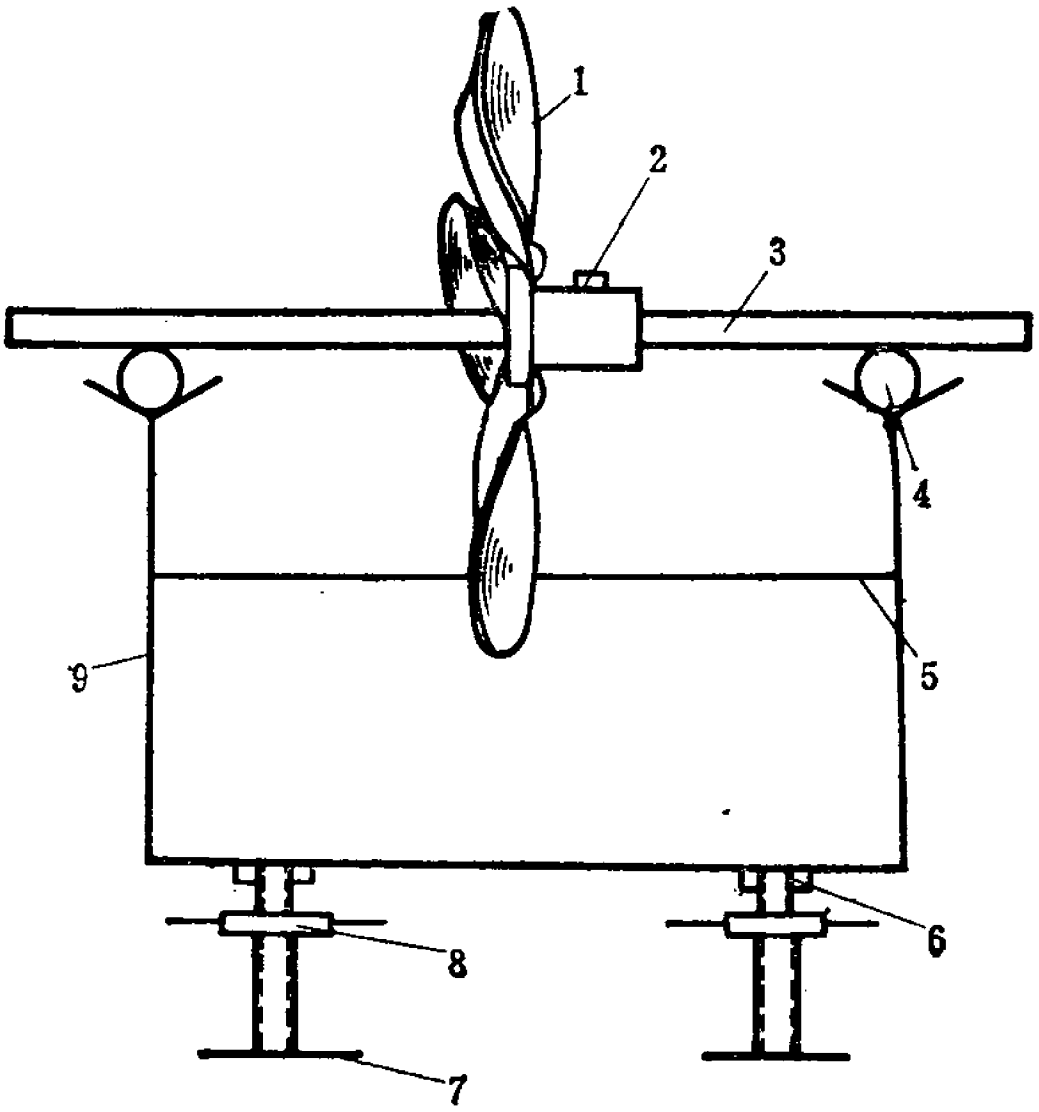


图4-2　调整静平衡及风叶角度的平衡架示意图

1—波调整风叶；2—紧固螺钉；3—滚动轴；4—水平轨；5—调角器；6—升降螺栓；7—支架；8—水平调螺丝；9—平衡架。

出现。

调静平衡将喷漆风叶固定在一根轴上（此轴是一根比转子轴长的光轴），放在水平架上，如图 4-2 所示，调整静平衡。

静止后，垂于下方的叶子较重，可用括刀、砂轮、砂布等工具，沿其外边沿除去少许后，再检测，直到每片风叶在任一位置都可停稳不动即可。配重调平衡也可以用减重法调试，即在下垂叶子相对的法兰盘位置上用小麻花钻打凹槽减重，或在最上面的叶子相对应的法兰盘凹槽内压铅配重。这种方法可保住外型和漆皮不被破坏。

调整风叶扭曲角　台扇平均扭角16°～22°。可在平台上用角度尺测量并调整。亦可用水平架和定位针配合，将三片风叶调整一致。在调整平衡的基础上用平衡机作模拟旋转，进行动平衡的调整，以确保质量符合设计要求。

二、网罩

网罩分前后网罩。其作用主要是保证安全，防止人体触及风叶发生事故，其次是加强外观美感。

200～250mm 风扇，其网罩有前后是一个整体的，直接固定

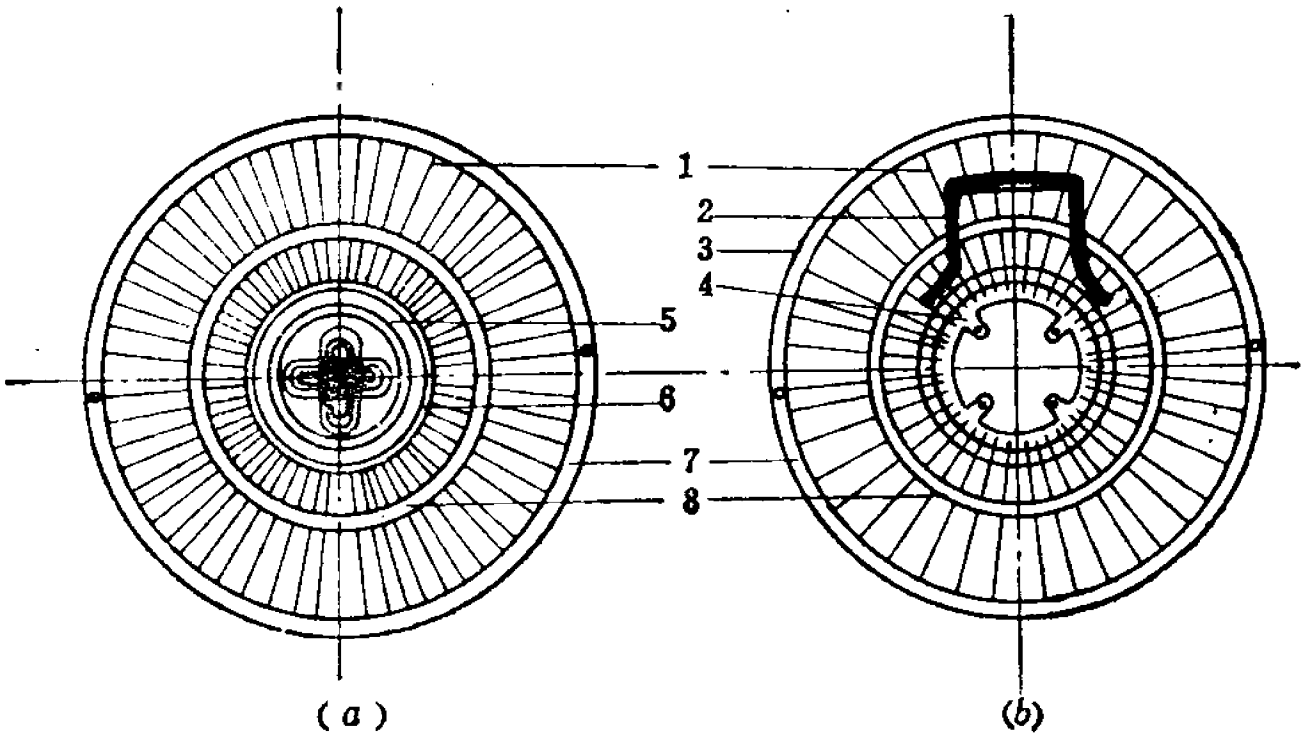


图　4-3

（a）前网罩；（b）后网罩。

1—钢丝网条；2—提把；3—卡子；4—壳圈；5—装饰环（亮圈）；6—底圈；7—外圈；8—中圈。

在电动机上。300mm以上的电风扇，均分为前、后网罩。各厂家网罩造型不一，用料和钢丝梳密也不一，但共同点是大圈大多用扁铁，因加工方便，且易焊接牢固。提手可用粗钢丝，壳圈用0.8～1mm厚薄的钢板，一次冲压成型。中心装饰图案嵌于前亮圈中，后壳圈与电动机穿钉头相固定。用扣夹夹紧前后网罩，其间隙不得超过1mm，前后网罩外型如图4-3所示。网罩一般都镀亮铬、镀锌或浸银粉漆。技术上要求不起泡、无裂纹，且光滑明亮、焊接牢固、不脱焊断丝。造型美观有一定选择性。

三、电动机

电动机是电风扇完成旋转、送风任务的动力来源。电动机的质量性能的优劣，是风扇能否畅销的关键。

电风扇的电动机有罩极式电动机（它是单相感应电动机中最简单的一种，详见第三章第二节）。单相电容式电动机（详见第二章第三节）。三相异步电机功率大，常用于扬谷扇、降温扇（详见第二章第四节）此外，有的电风扇亦有用直流电动机和交直流两用的串激整流子式的电动机（见第二章第五节）。

四、变速箱

家用电风扇的变速箱均与电动机后端盖铸接成一体。顶扇、吊扇的变速机构置于操作开关箱内。现以台扇为例说明变速机构。它的作用是减低速度与摇头机构配合，扩大送风范围。国标中规定家用电风扇摇头不低于4 r/min、250mm以下电风扇摇头6～8 r/min，300mm以上电风扇摇头4～6 r/min。

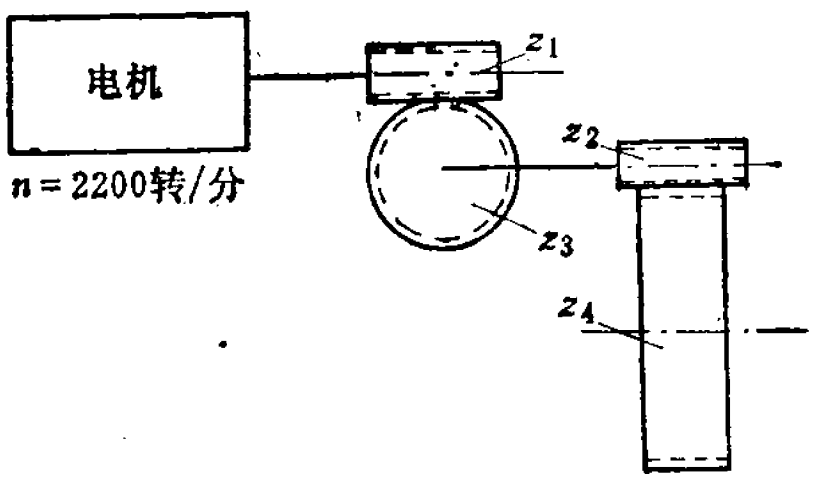


图4-4　蜗轮和平齿轮组合两级减速示意图
Z_1—蜗杆；Z_2—蜗轮；Z_3—牙杆；Z_4—直齿轮。

变速箱内采用蜗轮和平齿轮组合的两级减速装置，其传动方式如图4-4所示。

电机转速减低的比率：

例：一罩极式电动机，负载转速 2200r/min，$Z_1=1$ 齿（单纹蜗杆），蜗轮$Z_2=42$ 齿，直齿轮$Z_3=10$ 齿，$Z_4=66$ 齿，试计算减速后的速度？

$$n_1=n\cdot\frac{Z_{主}}{Z_{被}}=n\cdot\frac{Z_1\cdot Z_3}{Z_2\cdot Z_4} \qquad (4\text{-}1)$$

最末级轴转动速为

$$n_1=n\cdot\frac{Z_1\cdot Z_3}{Z_2\cdot Z_4}=2200\times\frac{1\times10}{42\times66}=7.8\text{r/min}$$

据计算，该机每分钟摇头次数为 7.8r/min。

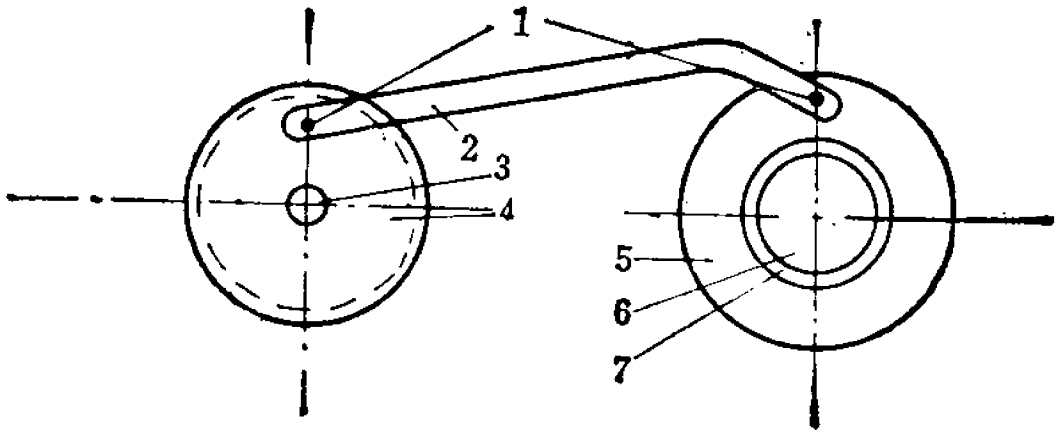
五、摇头机构

摇头机构的作用是将变速机构所变转速，传递给机头，使之摇摆，以达到扩大送风范围之目的。

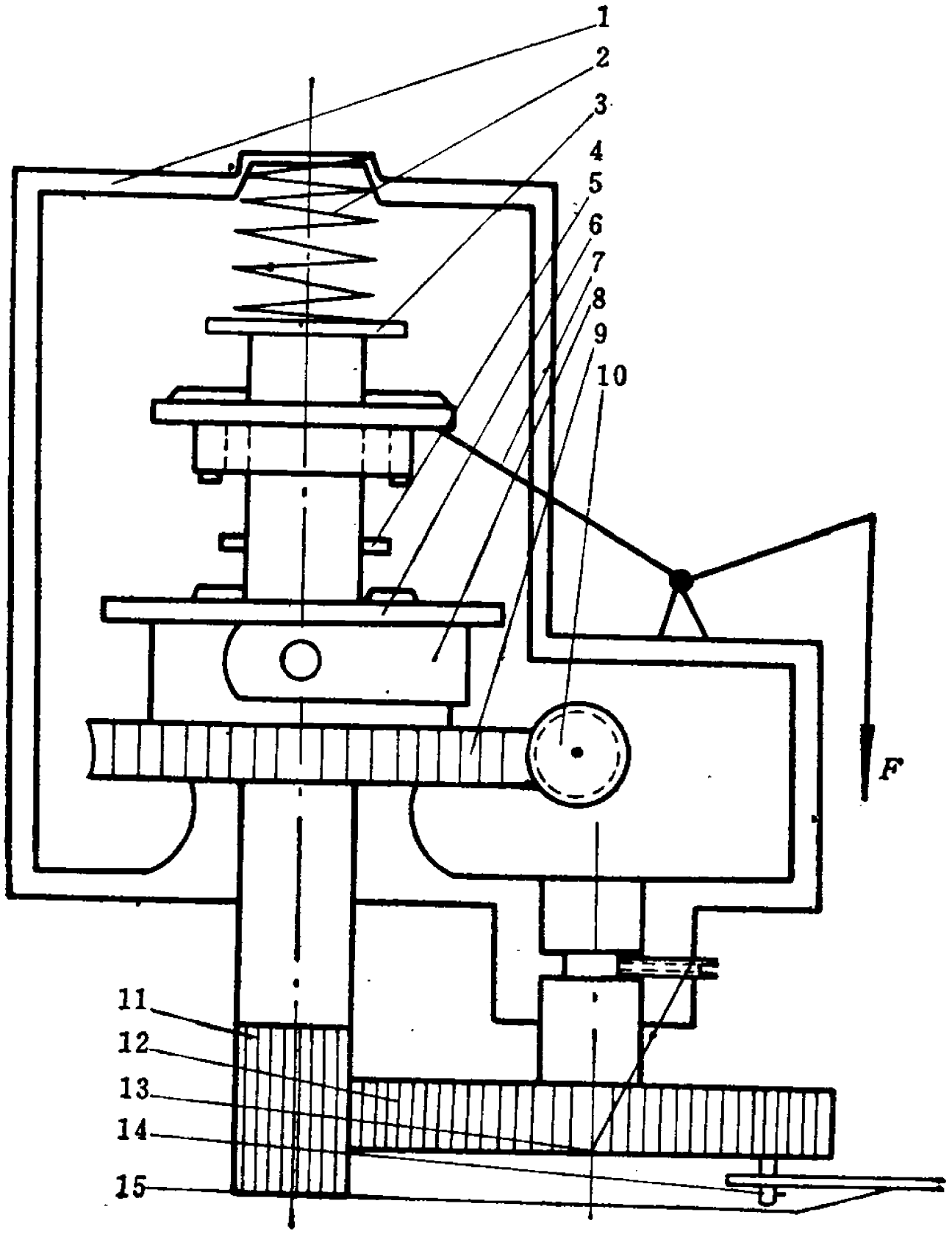
变速箱是摇头机构动作的动力来源。250mm以下风扇摇头机构包括：连杆、角度盘、导向极、弹簧托、弹簧、拉线以及摇头板钮。300～400mm台风扇摇头机构包括：上下离合器、黄铜片、弹簧杠杆、连杆、角度盘、拉线和摇头旋钮。图4-5（a）（b）（c）所示为摇头传动示意图。一般摇头角度为 90°，最新产品有的摆角可在40°～80°～120°和50°～75°～100°之间任选。顶扇利用万向结可作360°旋转送风。

整个摇头动作是这样的：在电动机前端盖下方立轴上套有角度盘。角度盘和连接头相固定角度盘上的偏心轴和连杆（间隙配合）用销子锁住，连杆的另一端与摇头盘的偏心轴连接（间隙配合），亦用销子锁住，且使摇头盘偏心轴与中心轴偏心距离，保证达到电动机摇头角度（一般为90°）。摇头盘转动时，由于角度盘位置固定，所以，在连杆的作用下，电扇摇头盘在周长范围内左右摇摆各一次，共摆动 6～8rpm。

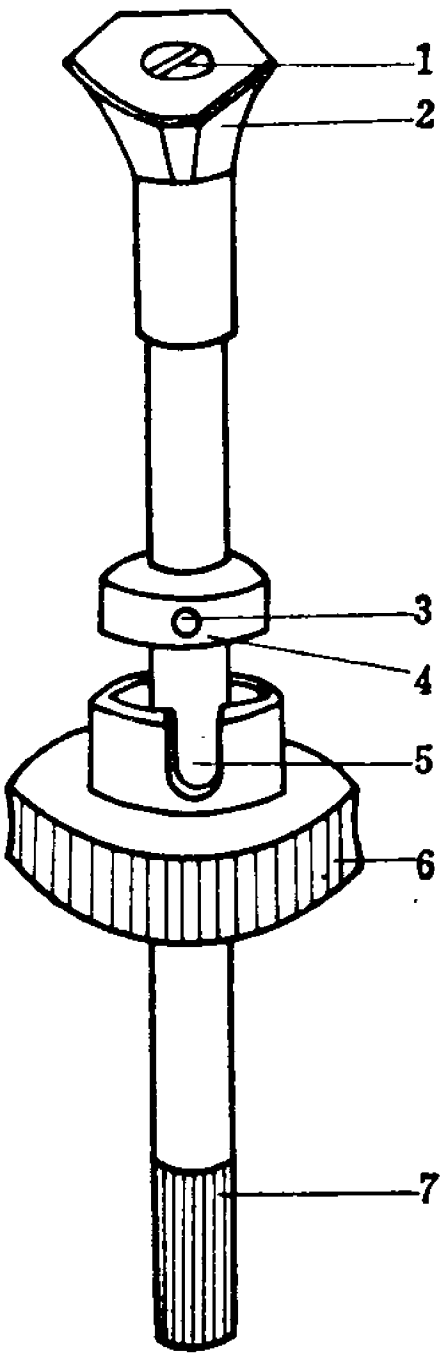
上面介绍了摇头机构的基本原理。各牌号电风扇的摇头机构大同小异，其原理也基本相同。如，有的小风扇，250mm以下的摇头和停止的控制机构采用改变角度盘的转动与不转动的方式来达到摇头和不摇头的目的。当角度盘位置固定时，电风扇 摇 头。



(a)



(b)



(c)

图 4-5

（a） 摇头连杆机构

1—偏心轴；2—连杆；3—摇头齿轮轴；4—摇头齿轮；5—角度盘；6—立轴孔；7—含油轴承。

（b） 摇头机构示意图

1—变速箱；2—弹簧；3—钢垫圈；4—上离合器；5—圆柱拨销；6—下离合器；7—杠杆；8—过载保护；9—蜗轮；10—蜗杆；11—芽杆；12—摇头盘；13—顶丝；14—偏心轴；15—连杆。

（c） 揿拔式离合器摇头控制机构

1—螺钉；2—揿拔柄；3—钢珠；4—套盘；5—钢珠槽；6—蜗轮；7—牙杆。

当角度盘的位置不固定时，它就随着摇头盘做无功转动。因为连杆失去固定支点后，不能带动电动机转动，所以，连杆也在做无功运行。定位销的进退由拉线拉回导向板（定位销在导向板上），由弹簧推进来完成。

图 4-5(b)(c) 所示为 300mm 以上的电扇摇头机构。该结构不存在无功转动的问题。摇头控制灵活且可靠。它是这样动作的：当放松拉线时，上离合器在弹簧弹力作用下，克服杠杆的微弱阻力后下降与拔销吻合。如图 4-6 所示。上离合器下面有一个

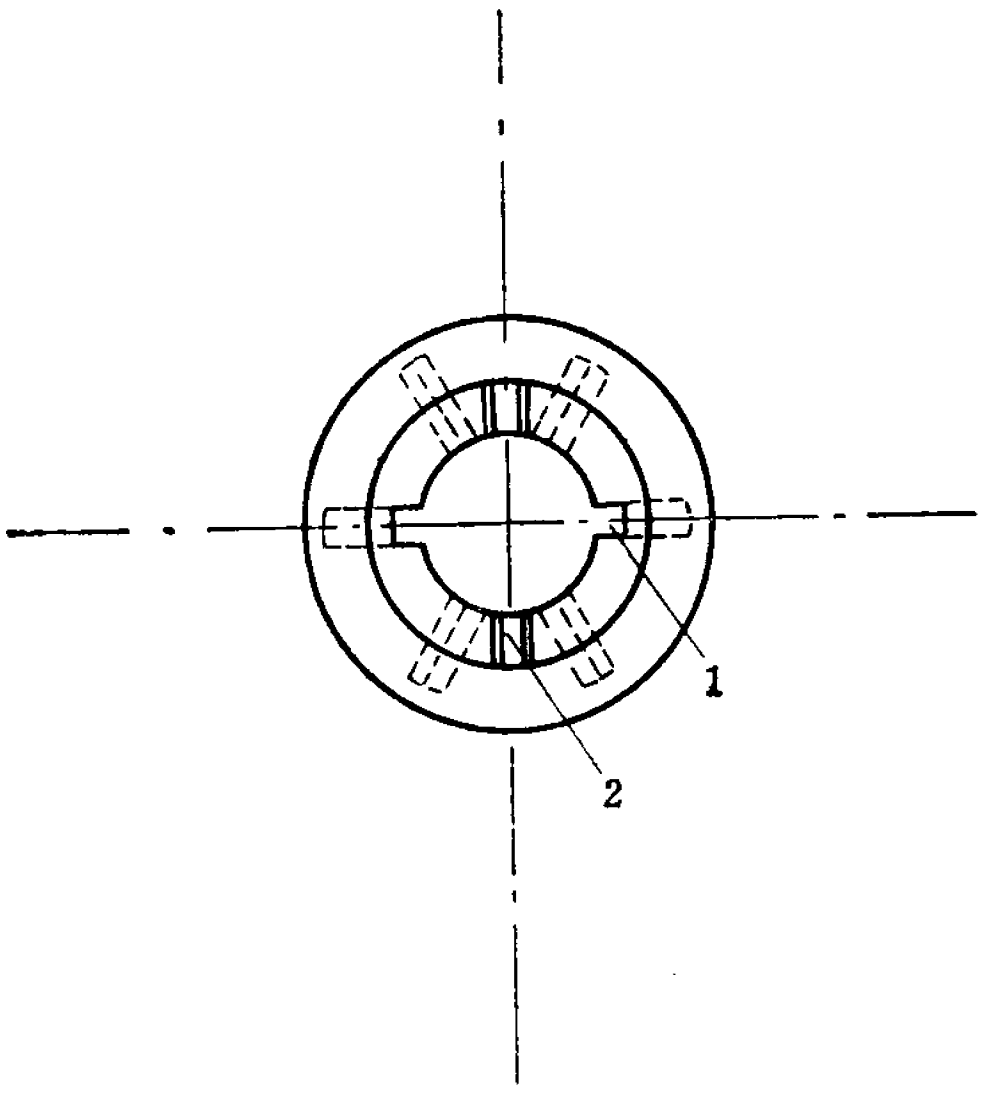


图4-6　上离合器

1—拔销槽；2—离合齿槽。

拔销槽。起到从动于牙杆的作用。在杠杆和弹簧的作用下，上离合器可起落，拉线拉紧时，在杠杆作用下上离合器被举起，与下离合器分开，下离合器即蜗轮在帽杆作用下作空载转动。当放松拉线上离合器，在弹簧作用下，下落与下离合器配合，上离合器被带动。拔销位于上离合器与牙杆配合（动配合），牙杆亦被带

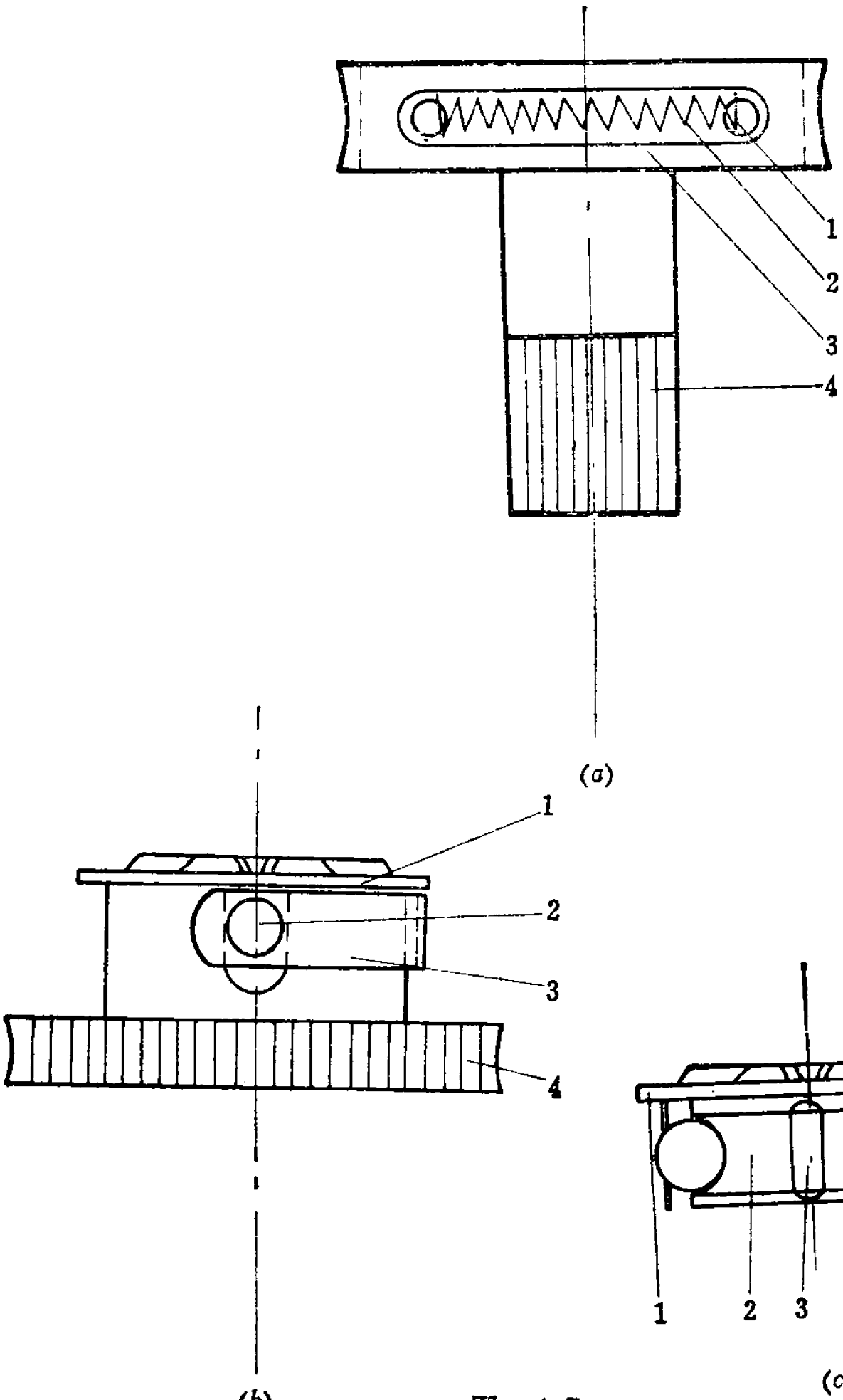


图 4-7

（a） 250mm以下风扇过载保护装置

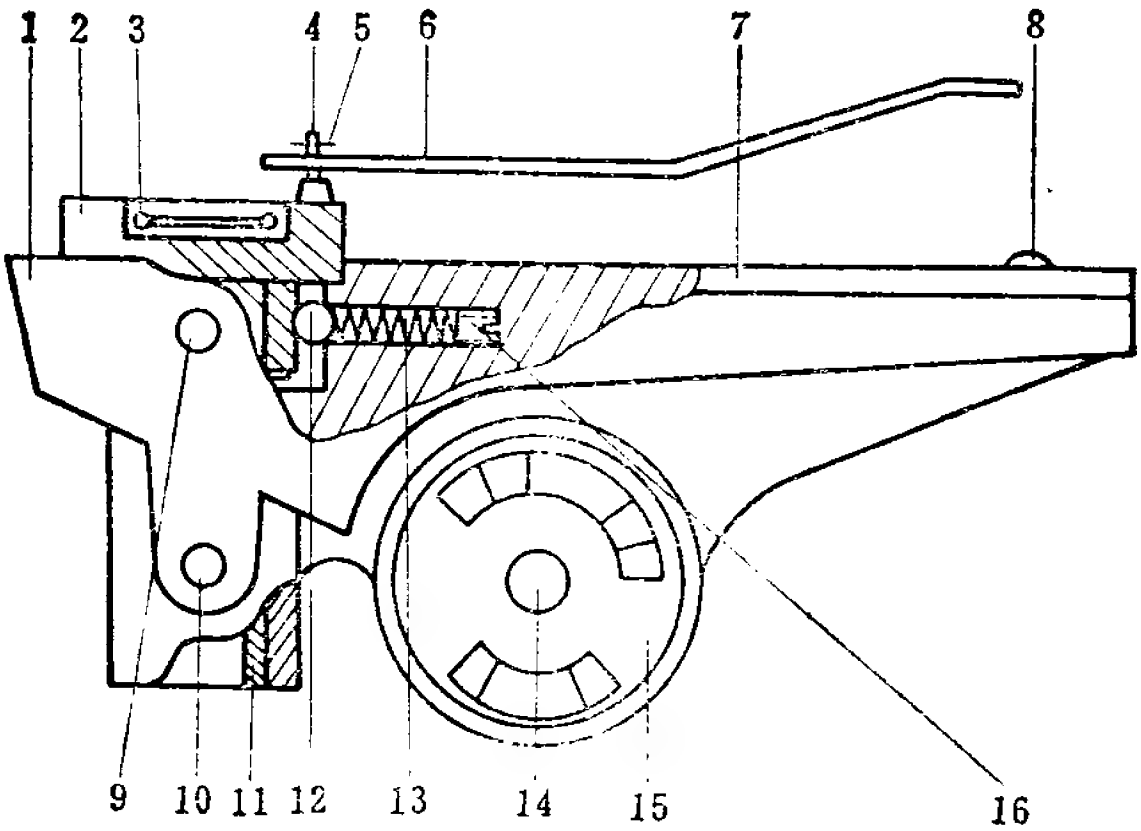
1—钢珠；2—弹簧；3—蜗轮；4—牙杆。

（b） 300mm以上风扇过载保护装置

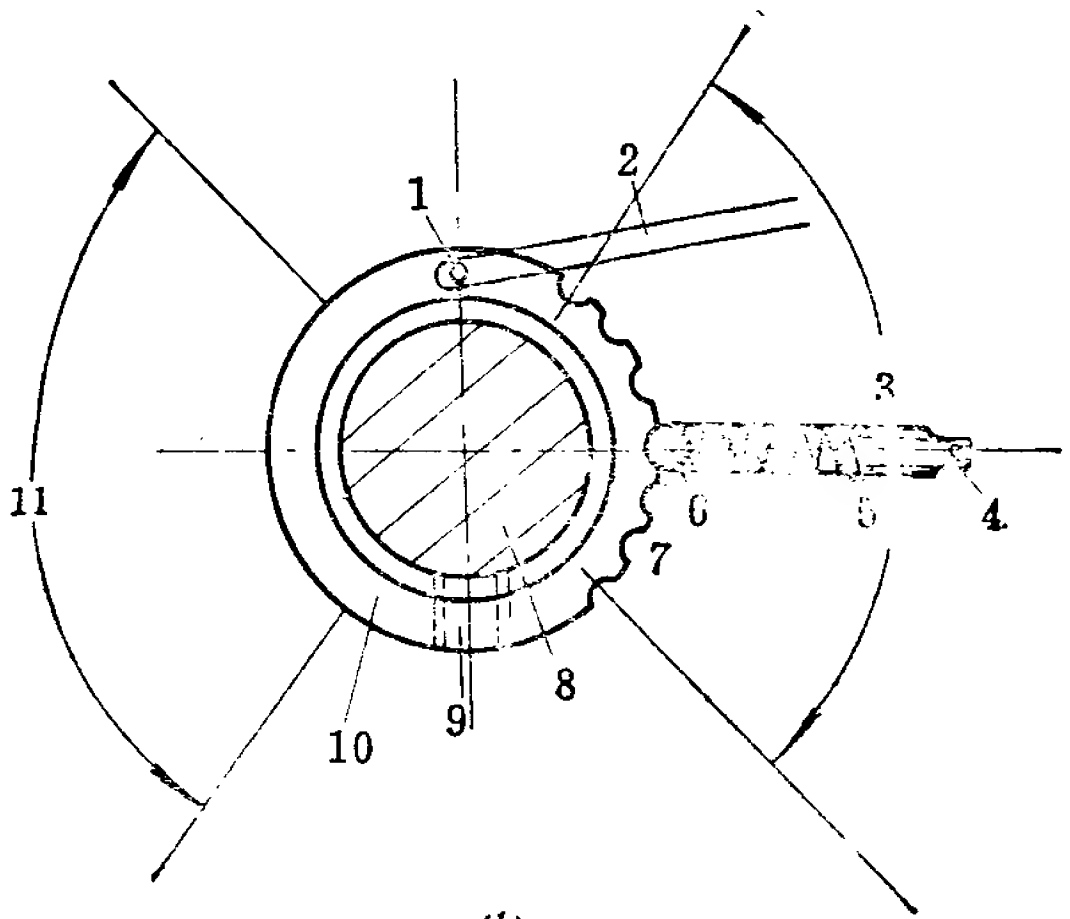
1—下离合器；2—钢珠；3—弹簧；4—蜗轮。

（c） 下离合器

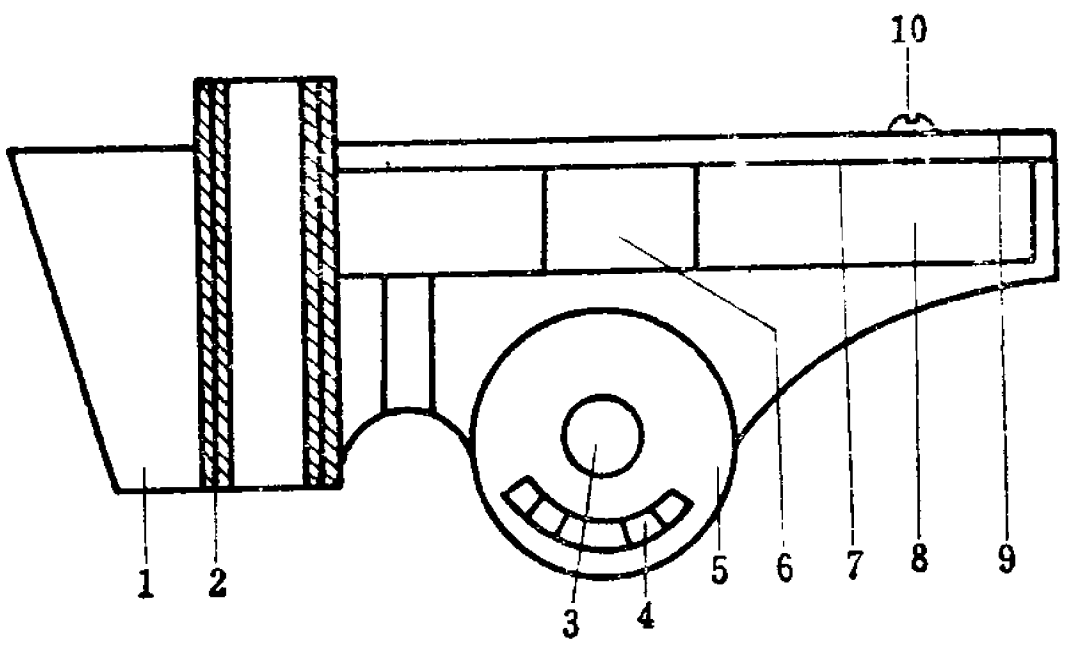
1—离合器；2—上离合器滑道；3—钢珠槽；4—钢珠；5—弹簧片；6—离合齿槽。



(*a*)



(*b*)



(c)

图 4-8

（a） 300mm以上电扇连接头结构

1—连接头主体；2—角度盘；3—平轴承；4—偏心轴；5—锁销；6—连杆；7—盖板；8—螺钉；9—可调螺丝；10—紧固螺丝；11—立轴轴承；12—顶珠；13—弹簧；14—穿钉孔；15—仰俯角度盘；16—顶丝。

（b） 角度盘示意图

1—偏心轴；2—连杆；3—固定角度可调范围；4—顶丝；5—弹簧；6—钢珠；7—顶珠槽；8—立轴；9—可调螺丝；10—角度盘；11—摇摆角度。

动。牙杆又带动摇头盘，摇头盘的偏心轴推动连杆及带动角度盘达到摇头之目的。图4-5(c)所示为揿拔式离合器摇头控制机构，与图4-5(b)作用相同。只是以揿拔方式直接使离合器起落来控制摇头和不摇头。

图4-7(a)(b)(c)所示为蜗轮过负载保护装置

当摇头各机构发生故障，不再转动时，如无过负载装置，蜗轮（一般为尼龙注塑的）牙就会被打掉。这个装置在上述情况下，因摇头盘不能转动牙杆也就不再转动。而蜗轮在蜗杆作用下仍在转动，弹簧被弹起随蜗轮在牙杆上空转，从而保护了蜗轮。

摇头机构中还有一个小问题，即拉线问题。要求做到线两端要铆接牢固，长短合适，一端接摇头机构，一端接控制旋钮的偏心轴上，均应安装牢固不得松动，以防摇头失灵。

六、连接头

顾名思意，连接头是使扇头与支撑部分相互连接的部件，起着变动角度，调整仰俯角的作用，亦是摇头机构的主要部件。

连接头是压铸成形的，要求有一定的强度，立轴轴承的轴线与电动机主轴轴线在配合后应为90°角，连接头结构如图4-8(a)(b)(c)所示。

七、底座

底座是风扇的主要部件之一，也是区别不同类型的电风扇的依据之一。它是组合整机的主体部分。其立柱通过连接头与扇头相联，并在箱式底盘内安装所有附件和电路控制组件，见图4-9。

1．台式风扇底座连接件、调速机构的结构

台式风扇底座连接件调速机构的结构如图4-9所示。底盘和立柱采用铸铝成型。底盘和立柱也有组合式和一体化之分。新产品中也有注塑成型的。托盘用1～1.5mm厚的钢板，一次冲压成型。改变底座立柱的型式和高度可变形成为台地扇底座。落地扇用铸铁作底座，重心下移，保持稳定并可调整立柱高低。落地扇底座下面装有走轮，便于移动。开关箱装在立柱上，便于操作，并可调整送风角度。图4-10(a)、(b)、(c)所示为台地扇、落

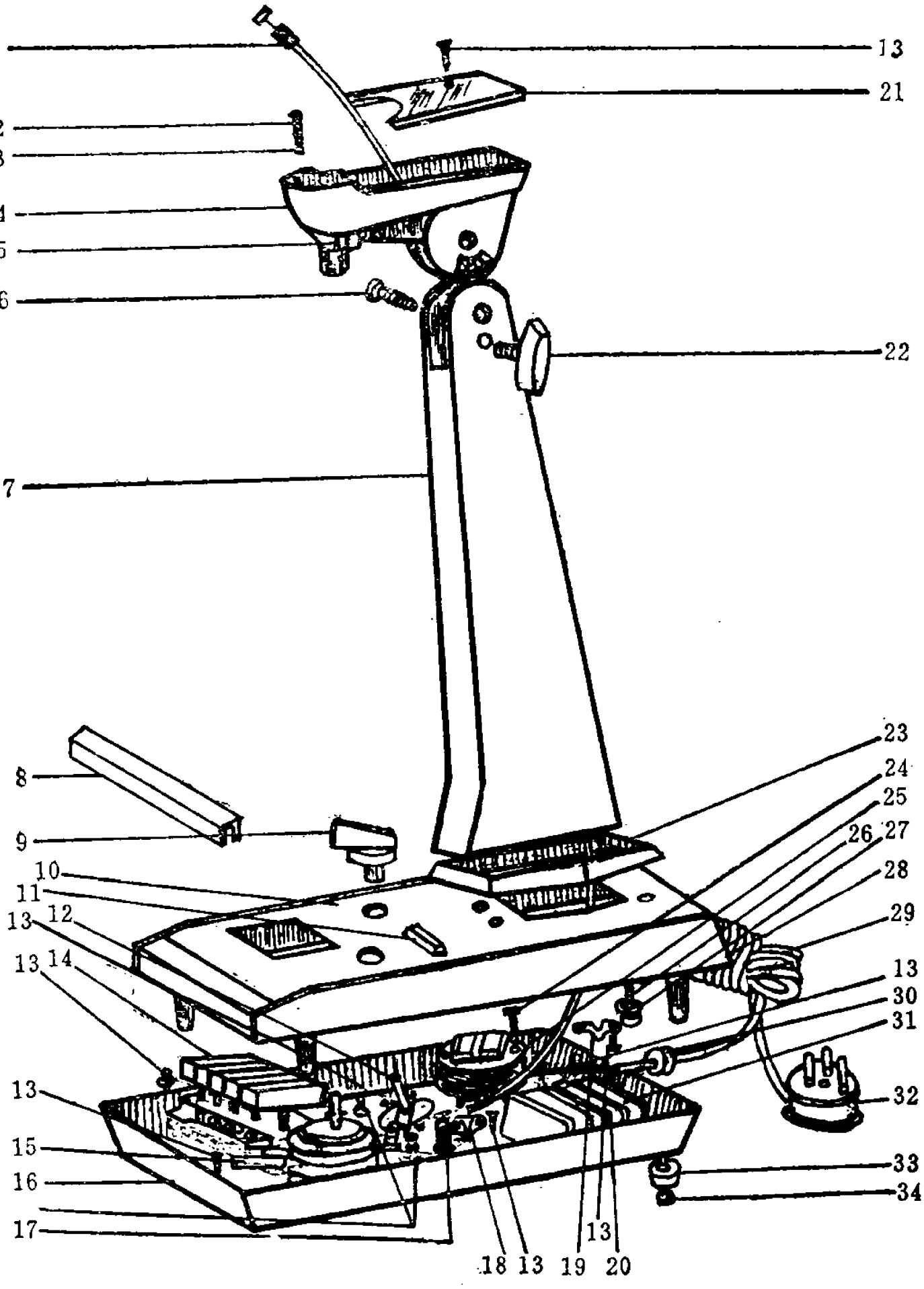


图4-9　台式风扇底座结构

1—拉绳；2—摇头定位珠；3—摇头盘弹簧；4—连接头；5—中心轴定位钉；6—球面圆柱螺钉；7—支柱；8—座前装饰条；9—摇头旋钮；10—座面装饰板；11—指示灯罩；12—摇头开关；13—螺钉；14—调速开关；15—定时器；16—底板；17—指示灯；18—下拉绳夹；19—出线夹；20—电容器夹；21—连接头盖板；22—紧固旋钮；23—支柱；24—螺钉；25—电抗器；26—螺钉；27—弹簧垫圈；28—底座；29—电源线；30—进线胶圈；31—电容器；32—插头；33—底板垫圈；34—螺钉。

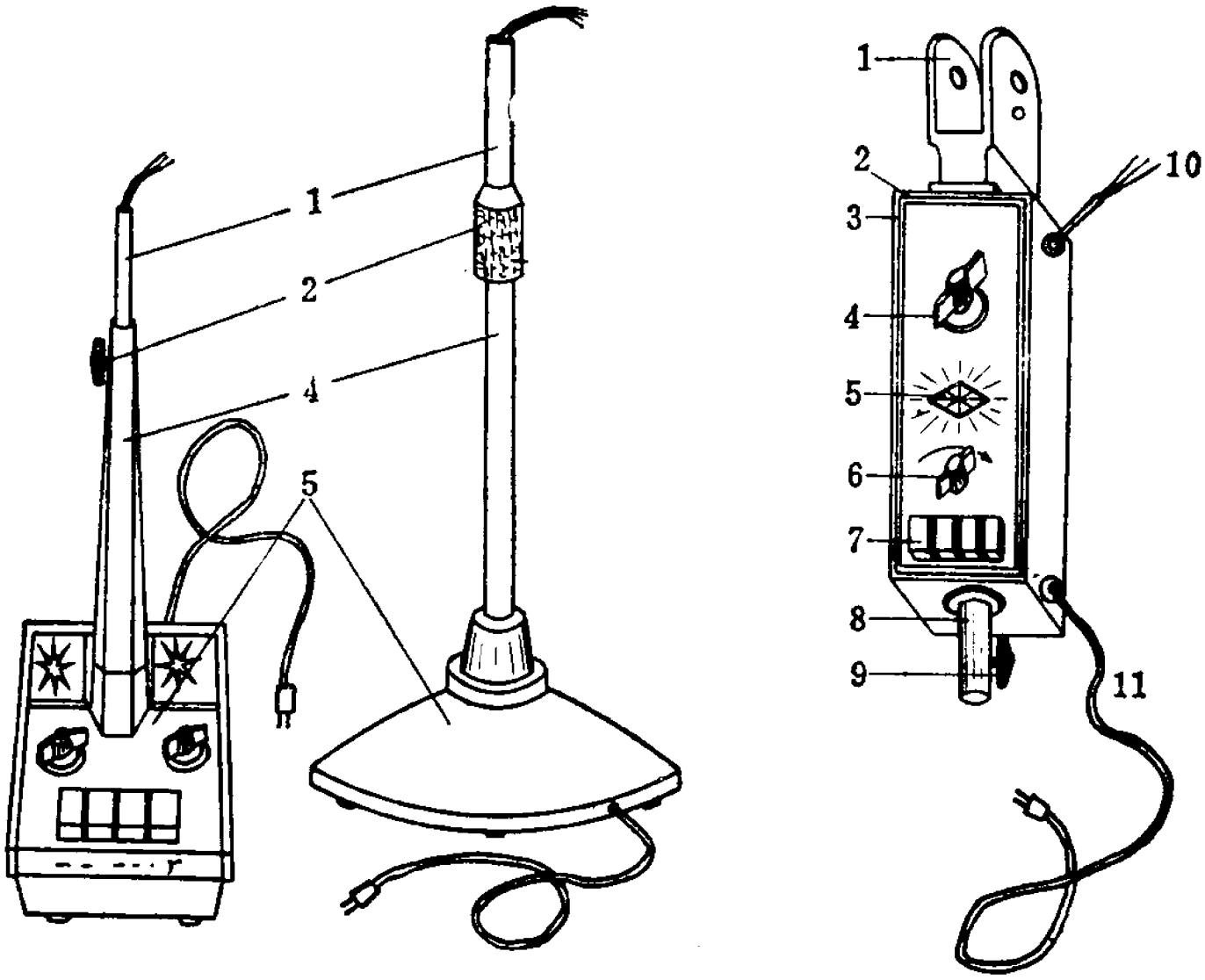


图4-10　落地扇底座结构

(a) (b)　1—动杆；2—松紧螺钉；4—立柱；5—底座。

(c)　1—连接头；2—装饰边；3—开关箱；3—定时器；4—指示灯；5—摇头控制；6—琴键开关；8—连接套管；9—套管紧固螺钉；10—电机引线；11—电源引线。

地扇的底座和开关箱。

2．顶扇底座结构

顶扇底座结构如图4-11所示。它是用螺丝紧固在天花板上的。扇头在下方由万向结结构和环形支架形成两条旋转轴线，在摇头机构的作用下完成360°连续回转，摇头送风。它的开关调速组成一个单独部件，可根据需要选择位置，用导线连接电路，便于操作。

3．吊扇地座

吊扇的电动机用外转子式。转子与端盖联结，带动风叶。吊

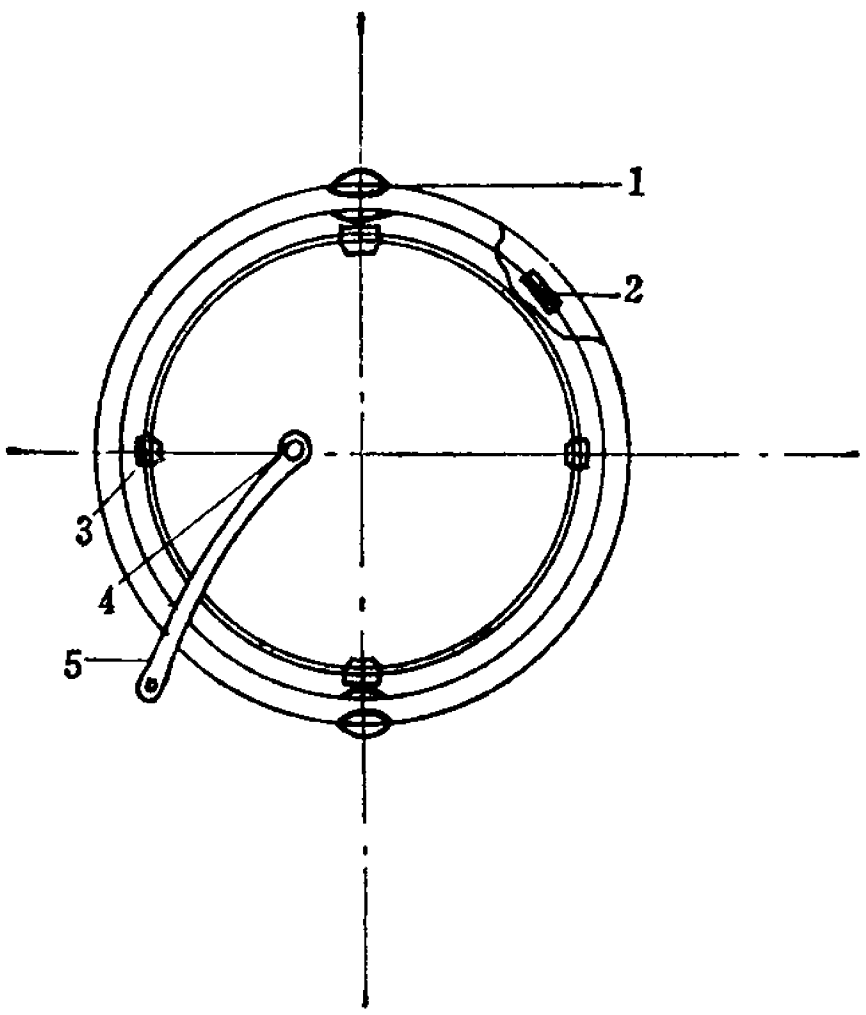


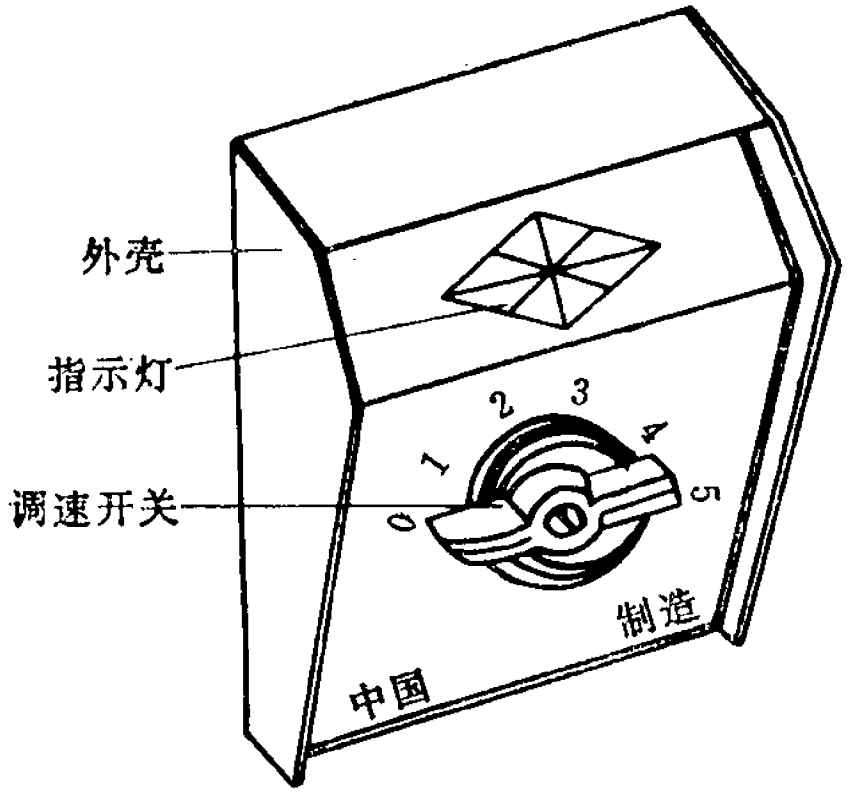
图4-11　顶扇座架（万向结）

1—环形支柱锁轴；2—装配槽；3—摇头圈销轴；
4—环形支点；5—连杆。

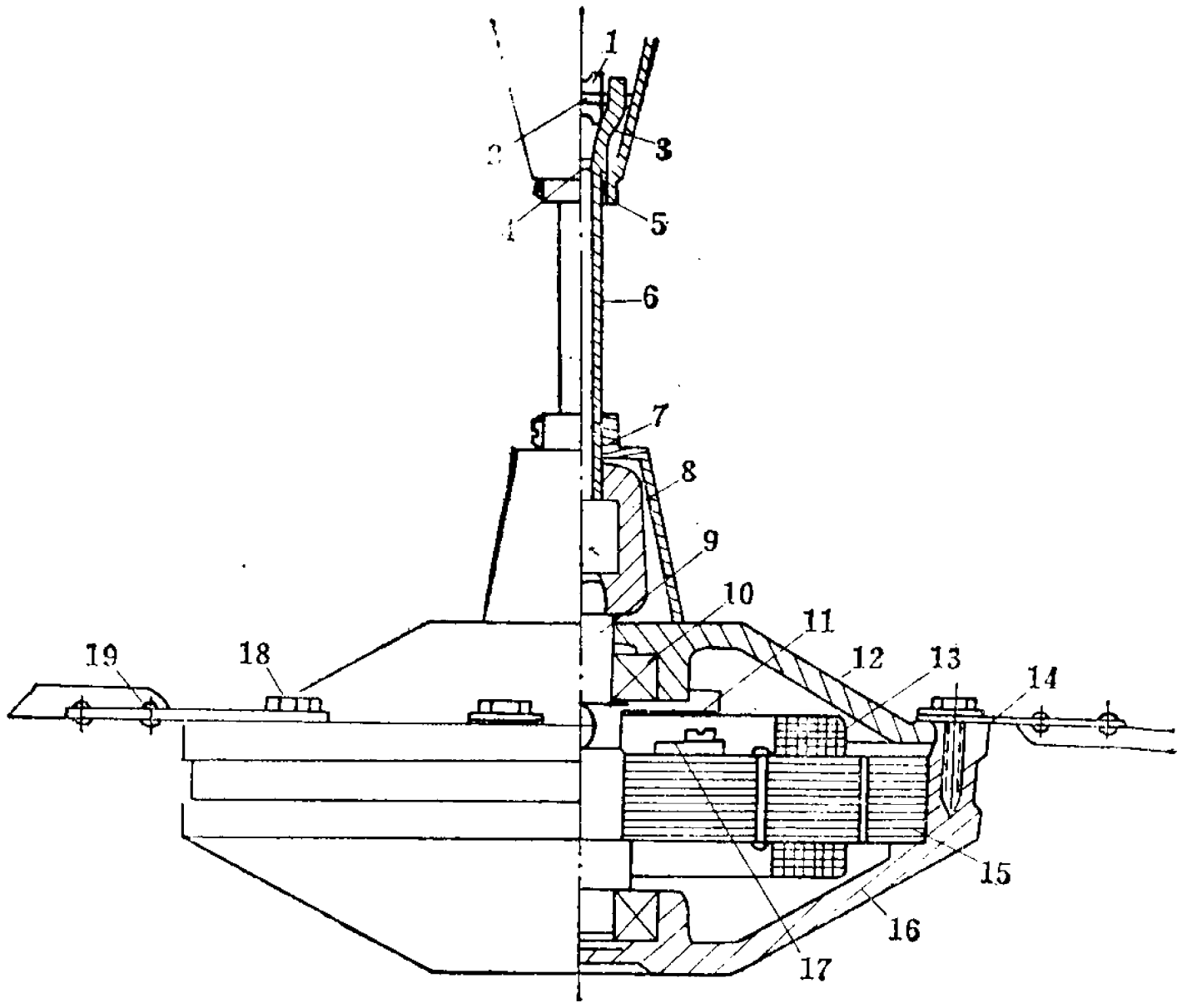
扇的轴向力较大，所以，均用滚珠轴承。吊扇的底座安装在天花板或房梁上。底座罩内设有减震装置并与吊杆相连。操作箱也可选择安装位置，便于操作。吊扇结构如图4-12（a）（b）所示。

4．工、农业工作场所用风扇底座

排风扇、扬谷扇和降温扇等的座架一般用扁钢或角钢焊接而成。也有的底座是铸铁铸造成型的。有可以移动的，亦有用螺栓紧固在某一位置的。一般没有调速装置和开关箱。开、停直接由电源开关（单相或三相闸刀开关）控制。



(a)



(b)

图 4-12

（a）开关箱；（b）吊扇基本结构。

1—减震器；2—销轴；3—连接耳；4—螺钉；5—上罩；6—吊杆；7—下罩；8—固定夹；9—主轴；10—轴承；11—盛油杯；12—上盖；13—定子；14—连接板；15—转子；16—外壳；17—连接板；18—螺钉；19—扇叶。

第二节　电风扇电气结构

电风扇的电气结构较简单，是以电动机的工作状态为中心而设计的。关于电动机本身的结构及电路性能的要求，前面的已经讲过了。现在以控制系统为主讲一下有关电气零件及其电路等问题。

一、开关

开关有多种类型，能闭合和断开电路的电气零件都可称为开关。小型电风扇（家用电风扇），除具有降温、去湿、换气作用外，还能起一定的装饰作用，所以，要合理选用不同形状的开关。最早的电风扇是单刀或双刀开关，显然，不适合现代家庭的需要了。现在常用的是旋钮开关、琴键开关。它不单起开关作用，而且还可以配以调速功能，既美观大方，又安全耐用。

1、琴键开关

琴键开关有档位多、操作方便、美观耐用等特点，用于调节

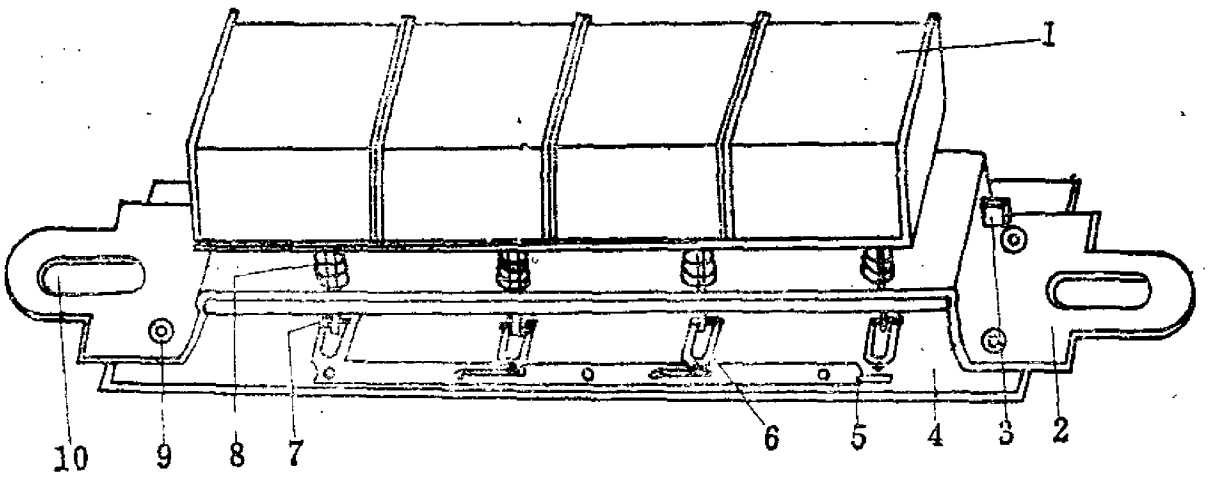


图4-13　琴键开关

1—键盘；2—支架；3—滑杆；4—底板；5—静触头；6—动触头；7—轴板；8—弹簧；9—螺钉；10—紧固螺钉。

电风扇的转速。琴键开关，简便的有两档，也有三档、四档、五档以及更多档位的，可根据需要选用。一般的有一个键作为变位档而其他几档处于常开状态。还有专用一个档作为灯开关用来控制两用扇的灯。琴键开关的触点，大多采用弹性较好的磷铜片。磷

铜弹簧片被键压下时，上下触点便闭合，接通电路，如图4-13所示。琴键开关结构设有自动锁片，防止同时按下多个键，避免烧毁电机。

2．旋钮开关

旋扭开关是以旋转方式，使触点接通或断开。电阻调整式无级变速或电抗调速。也有的把开关和定时器组合在一个旋钮里。原理均大同小异，但构造变形为圆的，故可旋转。

二、电抗器调速

利用电抗器调速是国内厂家常用的调速手段。比起抽头调速它在工艺上要简便的多，但是作用相同，有不易损坏、省电，容易制作、磁噪小以及维修方便等特点。图4-14（*a*）、（*b*）所示为电抗器调速原理图。这种电抗器调速方法在生产上用料多、成本高、且调速性能差。有时低速档起动困难，这是它的不足之处。

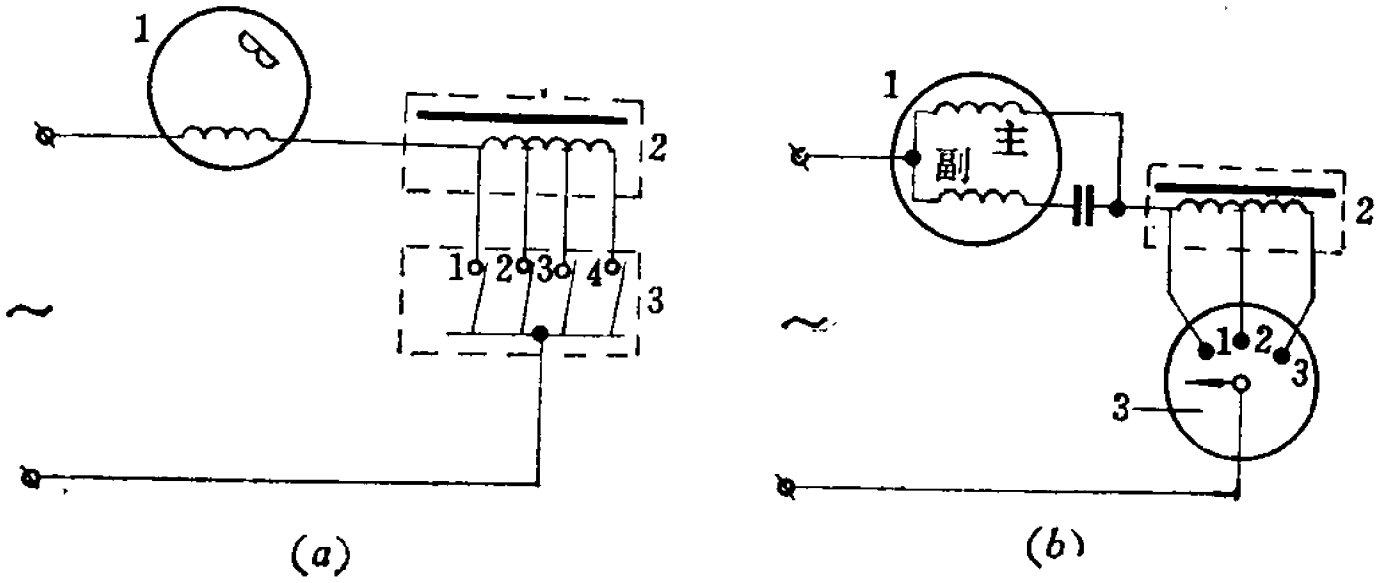


图　4-14

（*a*）　罩极式电动机电抗器原理图；

（*b*）　电容式电动机电抗器调速原理图。

1—电动机；2—电抗器；3—调速开关。

电抗器结构及工作原理：

电抗器结构如图4-15所示，主要由铁芯和线圈两大部分组成。从原理上看，它是一组电感和电阻的串联电路，如图4-16所示。

电动机在一定的转速范围内，其转速与施于电动机的电压的

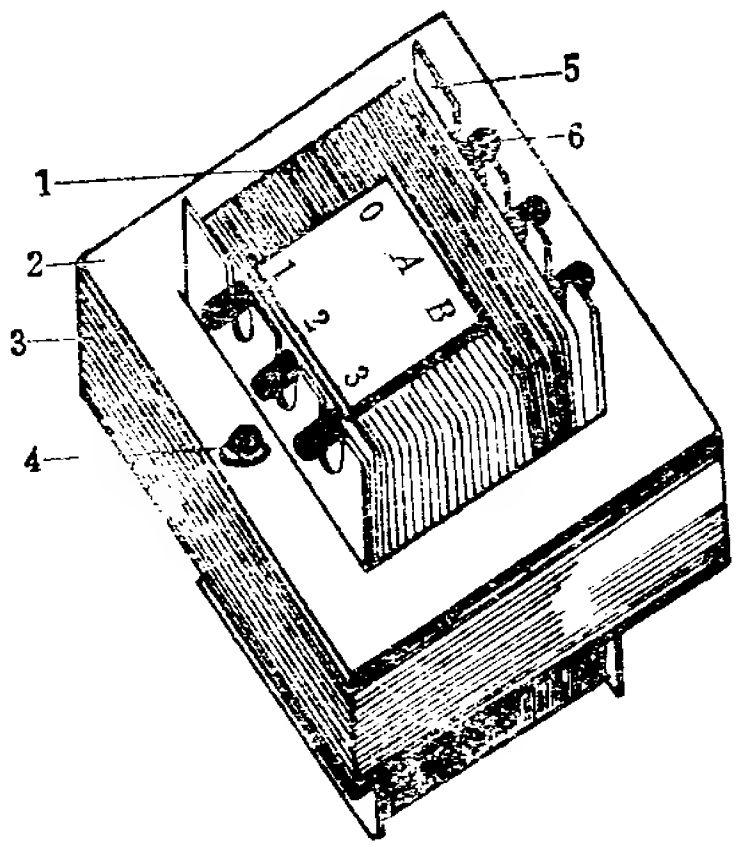


图4-15　调速电抗器结构

1—线圈；2—压板；3—铁芯；4—螺栓；
5—线圈；6—接线片。

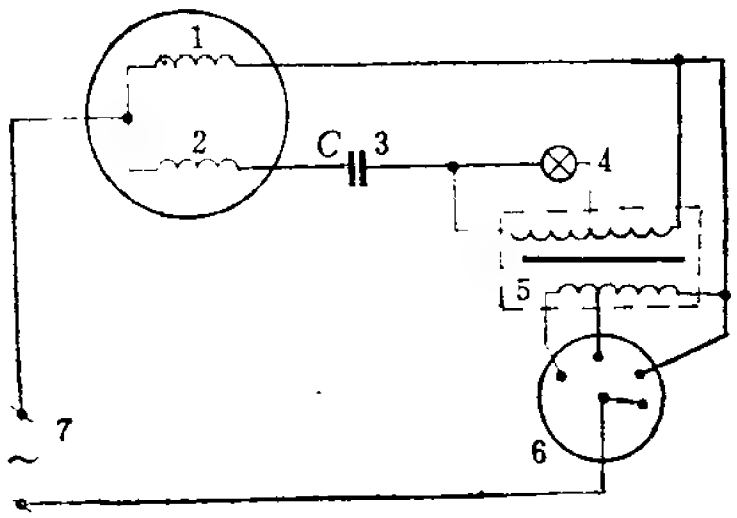
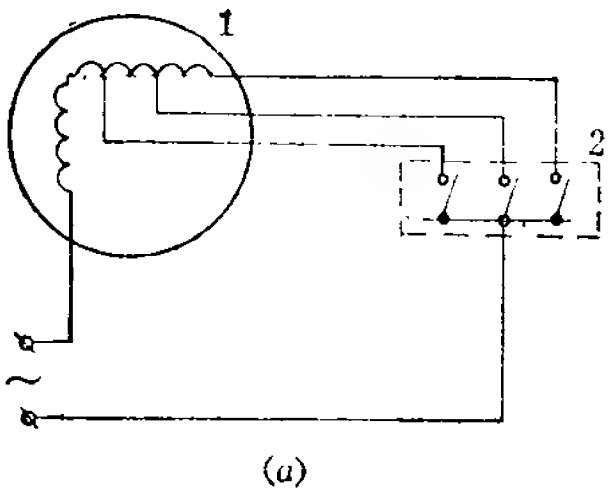


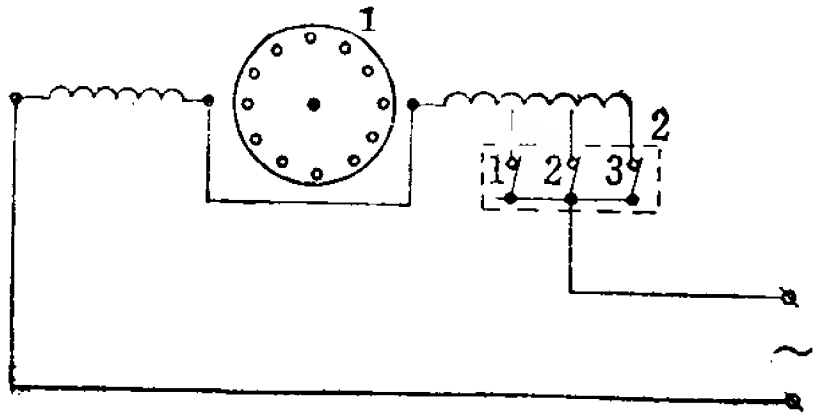
图4-16　电容式电动机用电抗器调速接线图

1—主绕组；2—副绕组；3—电容器；4—指示灯；5—电抗器；6—调速开关；7—电源。

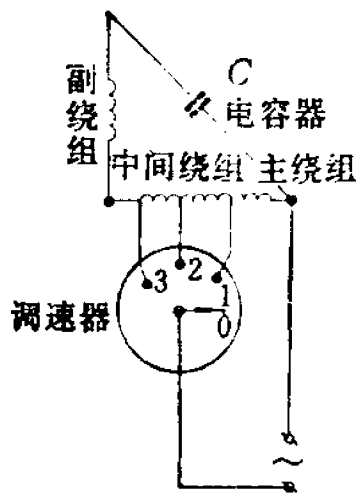
平方成正比。改变外加电压就可以改变电动机旋转速度，见图4-16。按下快档时，电流不经电抗器调速绕组。此时外加电压最大，电动机以最大速度旋转，风量也最大。按下慢档时，电流经过全部调速绕组。根据楞次定律，线圈通以交流电时，因自感电



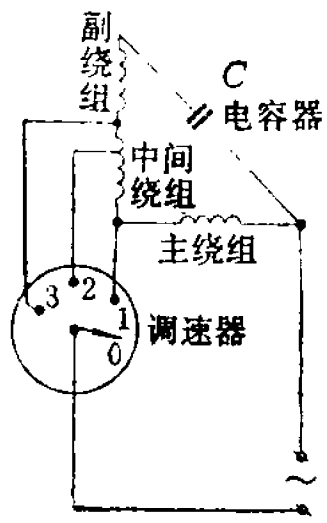
(a)



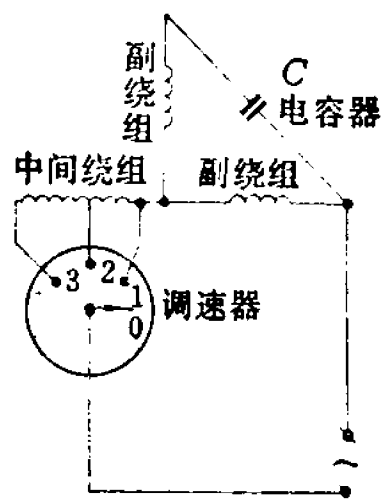
(b)



(c)



(d)



(e)

图 4-17

（a） 225mm电扇抽头调速接线图

1—电动机；2—调速开关。

（b） 两极罩极式电动机抽头调速原理图

1—电动机；2—调速器。

（c） 电容式电动机抽头调速LI型接线图

1—主绕组；2—中间绕组；3—副绕组；

4—电容器；5—调速器。

（d） 电容式电动机抽头调速LII型接线图

1—主绕组；2—中间绕组；3—副绕组；4—电容器；5—调速器。

（e） 电容式电动机抽头调速T型接线图

1—主绕组；2—中间绕组；3—副绕组；4—电容器；5—调速器。

动势而产生阻力——电抗，又称感抗，于是在线圈两端产生感抗电压。线圈越多，感抗越大，两端电压也越大。加在电机的输入电压按下式计算：

$$U_\lambda = U - U_L$$

式中 U_λ——输入电压

U——电源电压

U_L——自感电动势

U_λ——中速档为190～200V （4-2）

U_λ——低速档为160～180V

三、抽头调速

这种方法是从电动机定子绕组中抽头，通过调速开关，改变电动机定子绕组中通电线圈匝数中，来调整电动机转速。这样，就省掉了电抗器，降低原料消耗和成本，并使风扇整机重量下降，而且省电。其缺点是工艺复杂，绕线、嵌线、接线都要求较高，调速开关接头增多了，不易维修。四极以上的电动机，罩极电动机一般均不采用此法，交流风扇用抽头法较多。国外电容式、电容运转式电动机已广泛采用此法。国内应用此法尚不够普遍。如图4-17（a）（b）（c）（d）（e）所示为几种抽头调速接线图。

四、自耦调压调速器

自耦调压调速器在原理上与电抗器调速相同。如吊扇使用自耦调压装置，其原理和电抗器相同，铁芯型式一样，只是绕制线

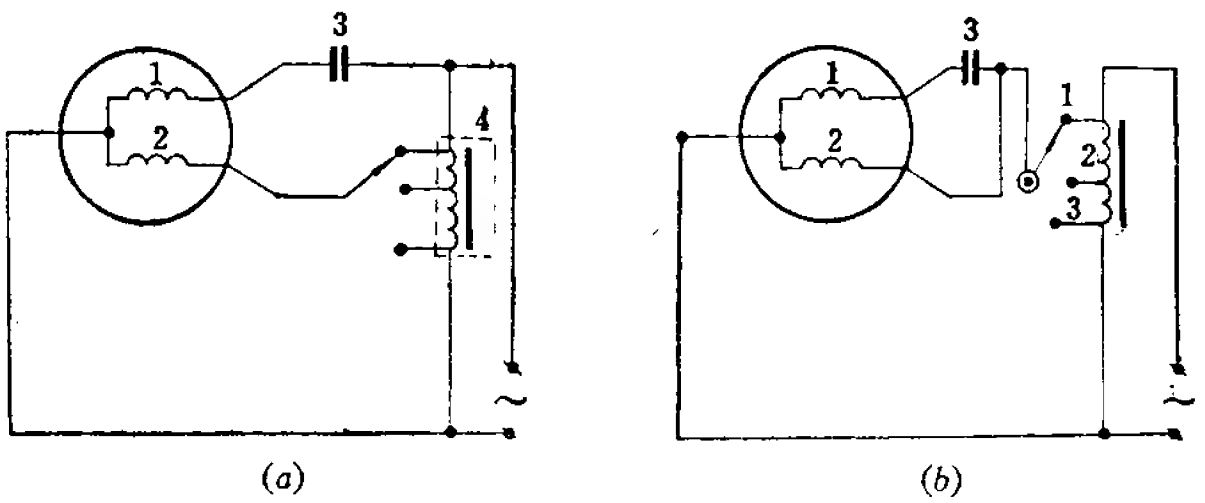


图4-18 吊扇电动机自耦调速器接线图

圈时初级和次级线圈有一部分是共用的，因此，提高了效率。图4-18所示，为自耦调速器接线图。

五、电容器

任意互相绝缘的二个导体上加有一定电位差时，便具有储存电荷的性质。所储存的电荷和电位差之比称为导体的电容

即：
$$C=\frac{Q}{U}\left(\text{电容}=\frac{\text{电量}}{\text{电位差}}\right) \qquad (4\text{-}3)$$

电容器在电动机的电路中作起动电容用。

在交流电路中应用的电容为油浸式或电解质电容。其结构如图4-19所示。其内部两层金属片上都有氧化层，因此，在半个周期中，薄膜*A*有介质作用，在另外半周中，薄膜仍有介质作用。这种交替为介质，交替为导体，而起着交流电容的作用。

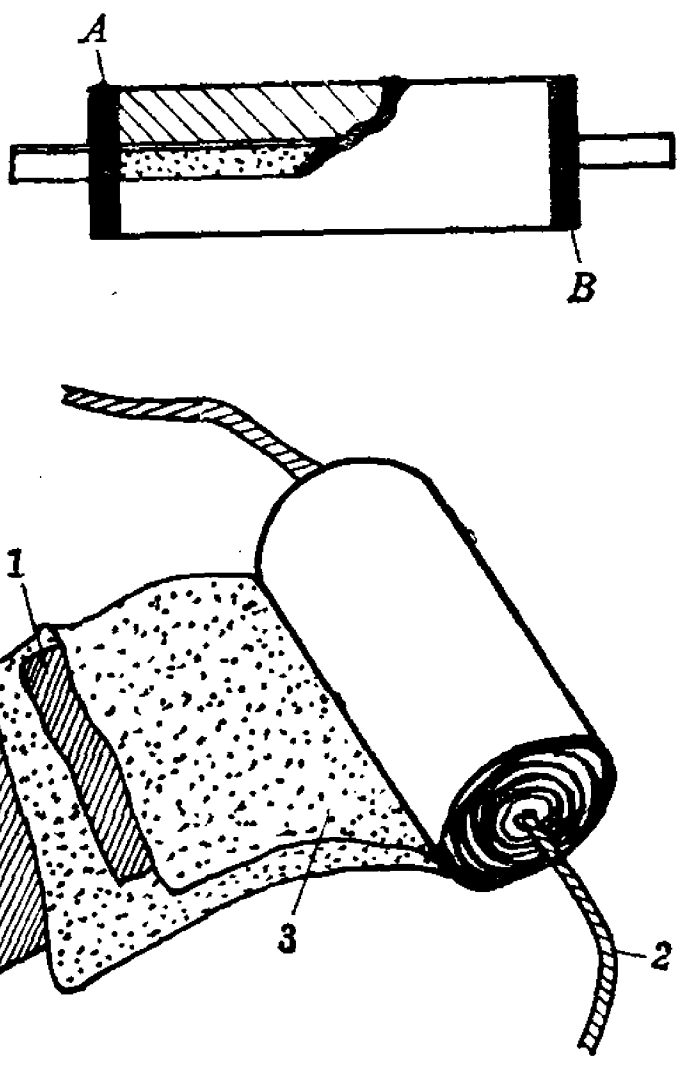


图4-19　电解质电容器结构

1—正极（带有氧化膜的铝）；2—引线；3—浸有浓电解液的补垫层；4—负极（未氧化的铝箔）。

金属片一般由很薄的铝箔制成，两片之间夹着浸有电解质的薄纸。它的长度与铝箔相同，但稍宽一些。这层薄膜与铝箔交替叠放卷紧，放入金属壳内，并与壳绝缘，以防止短路烧毁。

电容器在使用中往往不免有些漏电存在，这种电流是保持氧化层薄膜所必要的。

电解质耗尽时，如氧化层若被击穿，就不能再产生氧原子，而通过漏电重新形成氧化层，故该电容器已损坏，不得再用。

六、指示灯

一般电风扇都有电源指示灯，一般以红色为主，亦有厂家用其他彩色灯，以表示电源有电流送入电动机，用电器正在工作中，也提醒使用者注意安全。指示灯一般采用低压6-8V交流电，可由电抗器的一组线圈供给。指示灯座与开关盒连接处必须注意绝缘。灯泡和灯口有卡口和螺口两种。

抽头电动机的指示灯泡用100～120V交流氖管，其电源由电阻降压供给，如图4-20所示。

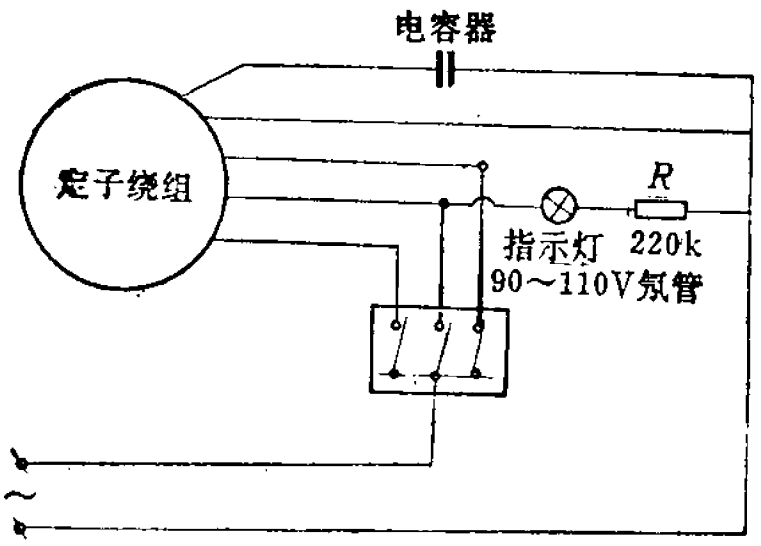


图4-20　抽头式电器接线图

1—定子绕组；2—电容器；3—指示灯；
4—调速开关。

七、定时器

定时器是电风扇自动控制工作时的机构，一般为0～45分钟和0～60分钟。目前，国外有两小时的、六小时的（微机控制），和8～12小时的。

国内定时器常用的是钟表发条式的定时器，有一个常开触点，与电源线中的某一条成串联。当需定时时，常开关触点被凸轮压合，触点由常开变为常闭状态，待走完所定时间后，凸轮自动跳开，触点复位而切断电源。

一般定时器有两处常闭点，一个常开点，标志盘上有注明符号。ON 为常闭点是指电流只经过该触点，但不用定时器控制电扇。符号 OH 为常开点。即用定时器，定时后的自动断电处。0～60分钟范围内的触点为定时过程中的常闭点。如图4-21所示为定时器外形。

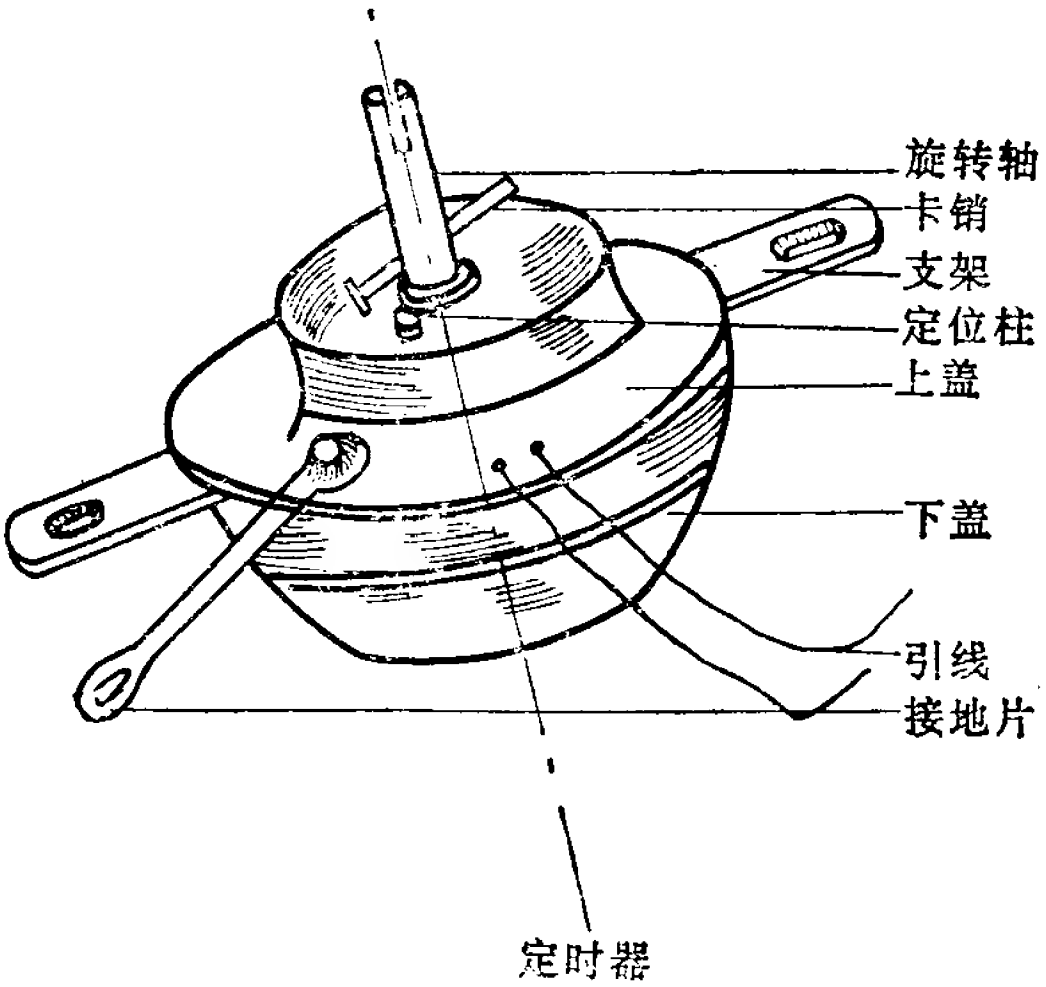


图4-21　定时器

1—旋转轴；2—卡销；3—支架；4—定位柱；5—上盖；6—下盖；7—引线；8—接地片。

八、开关箱

落地扇、顶扇、吊扇的开关箱内电气零件及组装与上述定时器的情况相似。只是开关箱本身安装的位置不同。还要根据条件和需要选择合理位置。该位置应便于操作，又能保证安全，且安装牢固。开关箱外型参见3-9图和3-11图。

第五章　电风扇选用、组装和保养

电风扇实用性强，应用范围广泛。对于这样一种消费品，用户都希望使用的时间长一些。购置风扇时应注意以下几个方面。

第一节　电风扇类型的选择

电风扇按其结构特征及用途可分为十余种。为使用方便，特将风扇的类型，主要特征及使用场所列表如下。

表5-1　电风扇典型类型、特征及使用场所

类型	主要特征			使用场所及用途
	扇头结构	支撑结构	安置方式	
台扇	防护式电动机，具有摇头机构，自动定时机构	底座	置于台上	家庭、办公室、旅馆、等中、小型房间等通风降温
台地扇	同上	底座与升降杆	置于台上或地面上	同上
落地扇	同上	同上	置于地面	家庭、办公室、旅馆、大客厅、会议室等场所通风降温
壁扇	同上	底座和环形支架	固定或悬挂于墙壁上	同上
顶扇	封闭式电动机、有摇头机构	底座和环形支架	固定于天花板上	车辆、船舶、飞机等场所通风降温
吊扇	外转子结构电动机	吊燕和吊杆	悬吊在天花板或房梁上	剧场、商店、旅馆、礼堂、大厅、通风降温

（续）

类型		主要特征			使用场所及用途
		扇头结构	支撑结构	安置方式	
排气扇		封闭式电动机	框架	置于墙上或窗上	仓库、伙房、车间实验室、地下室等处排风降温
其它	方型扇	同上	箱框	悬挂墙上置于台上、窗上	家庭、办公室和小型房间降温送风
	降温扇	全封闭异步电动机	框架底座	置于地面	厂矿、车间等高温场所
	冷风扇	封闭式电动机	底座	台上、地面	家庭、办公室、和干燥场所
	换气扇	封闭式电动机	框架	窗口、墙壁上	家庭、办公室、旅馆
	薄形扇	全封闭式电动机	箱框	台上、窗口	家庭、办公室、旅馆
	扬谷扇	鼠笼式电动式	座框架	地面上	打谷场
	专用扇	开启式仪器扇变压器扇、微型防护式电机	无座架	装于仪器上	电子仪器、电器设备为其通风冷却
	单扇	横流微风式轻便电扇、微型防护式电动机	座框架	置于台上、身旁、壁上	适于个人使用
	冷芯冷气扇	全封闭式电动机	无座架	置于台上、床头	同上

各类电风扇外形及结构参看第四、七章。工厂、农村等工作场所用的顶扇、降温扇和扬谷扇等电风扇外形参见图 5-1。

电风扇按其结构和使用特征可分上述几种，按其供电性质分类，有交流、直流、交直流两用电风扇等。这是选择电风扇一个很重要的内容。民用电风扇一般是单相交流电风扇。在车辆船箔

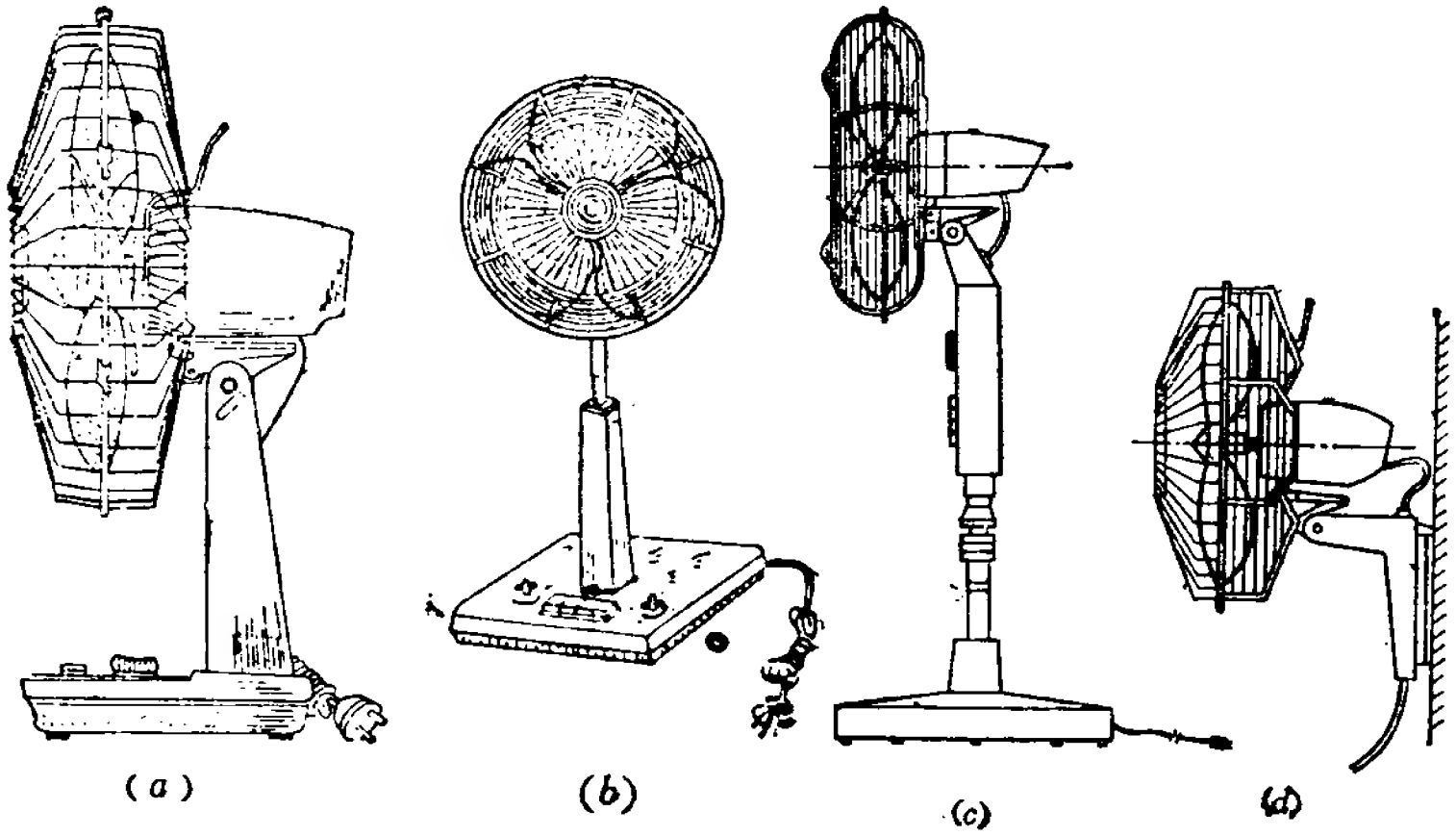


图 5-1

（a）台扇；（b）台地扇；（c）落地扇；（d）壁扇；
（e）顶扇；（f）吊扇；（g）排气扇；（h）方形扇；
（i）降温扇；（j）扬谷扇。

上使用的电风扇大多数为直流和交流两用的。

第二节　电风扇型号规格的选择

对电风扇规定型号和规格的目的是为了设计、制造和使用上的方便，并使各类产品名称、形式、规格的说明简化。

电风扇的大小规格通常以风叶旋转轨迹直径来决定，计量单位分英制和米制两种，见表 1-1。

表 5-2 的数据为各种电风扇风叶尺寸的规格代号表。

表5-2　电风扇尺寸规格代号

序号	分类	风叶直径规格代号，mm								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	台　扇	150	200	250	300	350	400			
2	台地扇				300	350	400			
3	落地扇					350	400	500	600	750
4	壁　扇			250	300	350	400			
5	顶　扇				300	350	400			
6	吊　扇	900	1200	1400	1500					
7	排气扇		200	250	300	350	400	500	600	750
8	方形扇		200	250	300	400				

电风扇的系列及规格代号见第一章。

我国电风扇制造业已有近百年的历史。电风扇型号亦随新产品的不断涌现而变动。为修理辩认方便，现将电风扇的新旧型号加以对照说明，见表 5-3。

表5-3　电风扇新旧型号对照表

序号	名　　称	统一型号	旧　型　号
1	交流电容式台扇	FT	QB、DQ、FDT
2	交流罩极式台扇	FHT	BQ、BW
3	交流电容式台地扇	FE	—
4	交流电容落地扇	FS	LD_1
5	交流三相落地扇	FTS	L-534

（续）

序号	名　　称	统一型号	旧　型　号
6	交流电容式吊扇	FC	DDZ、FDD、DD
7	交流罩极式吊扇	FHC	BD
8	单相电容式轴流排风扇	FA	CFP
9	三相轴流排气风扇	FTA	G_3F、D_3S
10	直流台扇	FZT	—
11	直流壁扇	FZB	ZB
12	直流顶扇	FZD	ZT
13	直流排气风扇	FZA	ZP_1

第三节　怎样选购电风扇

一、规格牌号的选择

表 5-4 是 1983 年全国轻工业系统评比出的部分优秀产品。

表5-4　1983年轻工部电风扇优质产品

牌　号	产　地	规格（mm）及款式
华生	上　海	300、 400台扇； 400落地扇；1400吊扇
金龙	山东龙口	300台扇
刺桐	福建泉州	300台扇
五羊	广　州	300、 400台扇
菊花	无　锡	400台扇、落地扇
长城	苏　州	400台扇、落地扇；1400吊扇
乘风	杭　州	400台扇
海鸥	嘉　兴	400台扇
庐山	萍　乡	400台扇
晶	山东黄县	400台扇
红山花	武　汉	400台扇
飞鹿	广东佛山	400台扇
千叶	广东中山	400台扇
双马	广西柳州	400台扇
三峡	重　庆	400台扇
双环	沈　阳	1,400吊扇
五洲	江西永修	1,400吊扇
红岩	重　庆	1,400吊扇
钻石	广东江门	250、300排气扇

除表 5-4 所列的优质产品外，近年来消费者对南京生产的“蝙蝠”牌 400 mm 四速定时台扇评价很高。其造型新颖、色彩多样、运行轻快，并有弹簧俯仰装置。

桂林生产的“丹风”牌 300 mm 台扇，带喷香装置，送风益人，具有风量大、耗电少、噪音小以及温升小等特点。

江苏南通生产的“紫浪牌”300 mm 和 400 mm 台扇，其特点为无级任意调速，并设有调光照明装置，可送阵风，使人有置身于自然环境之美感。感应制动装置增加了使用电风扇的安全可靠性。

常州生产的“北冰洋”牌 300 mm 台扇，轻便可折迭，占用空间小，全塑型设计。

绵阳生产的“冰峰”牌 300 mm 方箱式电风扇，造形新颖，转页式风窗、体积小、易放置，并可兼作排气扇。

广东顺德县裕华电扇厂生产的 250 mm“座钟式鸿运扇”是新产品。其款式新颖，外型美观，重量轻（不足 3 kg），风力柔和、省电，倒下自停、立起自转。DF-280 带负离子发生器，无级调速，有定时装置。

广州电风扇工业公司研制一种四面散风，便于使用和放置，有定时和可调速装置的插形风扇（又称立式旋风机）。

绍兴的“雪花”牌电风扇在不断更新中，先后获国家优秀新产品奖、机械工业部和江苏省优质产品奖，有台扇、台地扇、落地扇、吊扇四类 28 个品种规格。近来，又研制成功FL_4-40P微风落地扇和 400 mm高效节能扇。该扇有风速显示装置。微风达500 r/min，通宵运转只需三分钱电费。

广东海南县生产的“飞行”牌吊扇，有1,400 mm,1,200mm,1,050mm 和 900 mm四种规格，900 mm 吊扇适于家庭用，其装饰秀丽、雅致轻巧、性能良好、使用寿命长、运行可靠，且大量出口，声誉很好。

类型规格的选择要根据房间大小，使用场所以及俗达之目的进行，如：剧场、礼堂用吊扇；走廊、厕所用壁扇；伙房工作间用排

气扇；旅馆、办公室用台扇，客厅、会议室用落地扇；车间用降温扇；打谷场用扬谷扇。一般面积为 14m² 以下房间宜选用200～400mm 的电风扇；14m² 以上的房间面积，宜选用 400mm 以上的风扇。面积再大则可增加风扇台数。在购买风扇时，要看清说明，挑选同规格中风量大的牌号。

二、安全性选择

对于电气产品，首先应检查其使用安全性，防止触电事故发生。

凡采用金属外壳的电风扇，都装有接地线装置。根据国家标准规定，各种日用电器的绝缘性能必须良好。但由于生产、储存或在运输过程中可能发生意外而造成绝缘破坏现象。安全性挑选这是商品的重要项目。根据国标规定，电源线中黑色线接地，出口内销或进口电器以黄绿双色接地。电器如没有接地线且绝缘性又欠佳，一旦人体和金属外壳任何部位触及，轻则有麻电感，重则有发生人生事故的危险。对电源插头、开关、导线及其与外壳的绝缘有缺损、破裂等现象要严格检查。

三、功能选择

电气产品说明书中，均有该电器的功能说明。选购时应挑选所需功能。电风扇的功能有：

1．调速装置

调速装置有两速、三速、四速和无级变速之分，用以调整风量大小。调速方式可分旋钮式和琴键式及无级(电阻)式三种。可以根据自己的爱好选择所喜欢的型式。但是不管那一种方式都应具有较好的调速作用。每档位间的变换速度都应有较明显的风量变化：慢档转速不大于全速的70%～80%。吊扇慢档转速不大于全速的50%。速度改变后，网罩不得抖动。档位变化以Ⅰ Ⅱ Ⅲ Ⅳ档的顺序对应于快、中、慢、弱的转动速度，不可颠倒（除作特殊说明以外)。

2．摇头装置

230mm 以下的小型电风扇，除特殊要求外，一般没有摇头

机构装置。

扩大送风范围的这种装置可分为撳拔式、旋钮式（拉线式）、遥控式三种。它们均起控制风扇摇头的作用，其结构在前面介绍过。动作应灵敏准确，摇头过程中不能有间歇停顿，时摆时不摆或咔咔响、抖跳、甩头等情况出现。摇头不停或不摇头那就更不对了。250mm 以下的电风扇摇头次数为 6～8 r/min，300 mm以下的风扇摇头次数为 4～6 r/min（计算方法见 4-1 式），为合 理摇摆转数。按摇摆角度说明来验证摇摆角度的大小是否符 合 要求。末加摇摆角度说明时，摇头角度一般不得小于 80°～90°。

3．定时装置

有定时性能的电风扇，其定时形式分四种：一种为 0～45 分钟，一种为 0～60 分钟，一种为 0～120 分钟。日本产品有电脑控制，有 2～6 小时定时，可任选。这几种定时器一般都有开关和定时两个作用。选择准标为旋转灵活、定时准确、不能有卡阻现象或摩擦板面现象，更不能出现定时后定时旋扭不复“0”位的现象。

4．仰俯角度

多数电扇都设有连接头部件，可调整一定的仰俯角。仰角不小于 20 度，俯角不小于 15 度。特殊设计根据说明数据验证，如五向走轮落地扇、鸿运扇、降温扇、扬谷扇等，按允许角度调整后，整机应无倾倒现象。

5．开关

所有电气设备几乎都有开关装置，但不可忽视对它的 选 择。因使用电气设备时，经常要触摸开关。首先应该检查它的安全性，再检查其灵活性，更应检查它是否起接通和断开电源的作用。

琴键开关在使用时，两键不得同时被锁住，否则，会烧坏电机。应检查开关有无破裂或变形现象，接触是否良好。开关应接火线（以免断开电路后仍有触电隐患），与电源插头配合准确和电源相接。若是感应开关，更应检查其功能是否灵活，只要人体触及网罩、风叶，运转中的电扇应立即停止运转。由电脑控制的电扇也应验证其开停机的灵敏性和时间准确性。

6．运转

运转性能是电风扇的主要性能之一，应验证其低速起动是否灵敏，有无低速不起动的现象或进入正常运转所用时间长，有无明显的嗡嗡声、沙沙声、全速运转有无风叶震动声、啸叫声、啮齿声、碰击声、噪声（机噪、磁噪）。运转 30 分钟后，电机有无明显发热（烫手）。

四、外观选择

家用电器的外观有装饰房间的作用。除选择造型和色调以外，还应注意风扇的电镀件一定要平滑，有光泽，无发黄（镀层下锈没除净）、黄斑、黑斑（已受腐蚀、抛光不好）、起皮、麻纹及水纹等现象。漆皮脱落、底漆外露、流漆或不同漆色等现象均不合格。再者，前后网罩吻合是否严密牢固、罩网有无变形或网丝脱焊。面板有无凹凸、碰磕、划痕，风叶有无变形，顶丝是否紧固，落地扇升降是否灵活，扇头角度是否可调，装饰芯是否完好，塑料件有无划痕裂纹，变形等均应加以验证。

有特殊功能的电风扇相应得到特殊功能效果的验证。如喷香扇是否喷香；有收音机的收音效果是否良好，有无杂音。格栅式台扇应检查导风轮、网罩及其它部位有无变形、卡滞；轻拨风叶，转动是否灵活；导风格栅是否在 70° 范围送风，推拉圈锁能否使格栅定向送风。如系吊扇，应看风叶凹面是否向下，防震片是否在扇头与风叶之间，上下护罩是否齐全，下护罩与扇头间应有 2 mm间隙，吊钩是否能程受 4 倍于吊扇的重量（截面不小于 8 mm）。带吊灯的吊扇灯具是否有破损，光线如何。音乐扇、调光扇、幻光扇、冷暖风扇等功能是否有相应效果，应认真检查验证。

五、风扇电动机的选择

同类电风扇电机结构不同。有罩极式电动机，交流单相电容式电动机，有外转子式电动机（吊扇）。这是常见的三种不同类型的电动机。特殊条件需选用直流或交直流两用电动机和三相电动机(详见第三章)。

第四节　电风扇使用和保养

电风扇的使用和保养，不单是生产维修人员应知必会的内容，使用者也避免不了要接触这些问题。每年盛夏过后，家用电扇大多是包装存放，待来年再用。这是一种很不好的存放方式，有损于风扇的使用寿命。正确的使用、保养、存放会避免损坏零件，保障使用性能完好无损，延长使用寿命。并能保障使用的安全性。只要掌握正确使用电风扇的方法，才能谈及良好的保养措施。下面介绍如何使用电风扇。

一、电气控制系统的使用

一般电气控制系统的线路或组成控制机构的零部件布置于机体内。起控制作用的开关和操作部分都暴露在外部，以方便操作。如：台扇、台地扇的控制机构都合理布于底座内。而落地扇则制成开关箱形式置于立柱上，高度适宜，便于操作。顶扇、吊扇以开关箱形式置于墙壁或工作间里等等。虽外观形式各异，但都应保证安全可靠，便于使用。

1．电源开关与调速开关的使用

电源开关和调速开关一般是联体结构。当正确接通电源后，拨转或按下开关的同时，指示灯亮或闪光即作出通电指示，说明有电流通过电动机。旋至档位位置或按下的键盘位置，是所需的风速档位。风速档可分为两档、三档、四档。按0、Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ档，分别为空档、快速档、中速档、慢速档、弱风档。如有更多档位，则按说明书使用。空档作用是放开按下的键，使其弹起复位，同时，切断电源。也就是说，只按下“0”键，风扇就停止运转了。琴键开关本身大多带闭锁装置，以防两个调速键同时按下，避免烧毁电机绕组。按键时，不可用力过大或过猛，以免损坏键钮，或使锁片异位，造成按键不下或锁键不起等故障。旋钮或开关档位的区分与上述相同，只是改变成旋钮式来操作而已。

近年来出现的无级调速开关，只要按所示意的箭头方向转动旋钮或旋柄，即可达到目的。“0”位档为断开电源，旋钮指向这

个位置时，指示灯熄灭。

遥控开关是通过电波信号的发射与接收来实现的。操作时，在遥控操作盒上按其标志，轻微触压所需档位即可。要注意该盒最好用透明塑料袋包好，既不影响操作，又可防止过湿气体或水浸入而造成短路。

2．定时控制器的使用

一般定时控制器和电源开关盒用定时控制器旋转式的较多，它可以在一定范围内任选时间。在旋动定时器的同时电源被接通。在电风扇运行过程中，旋钮逐渐自动复位，指“0”或“OFF”时表示停止，即电源已被切断。此时调速开关不起起动和调速作用。一般定时范围有0～45分钟和0～60分钟两种。将旋钮旋至“ON”符号处、意为常通，此时不起定时作用。调速开关任一档位均可起动。由OFF-ON之间的时间调整可任选。假如先定为30分钟，后要延时，那就向ON方继续旋转。要减少定时，就可反方向向OFF旋转即可。

琴键式定时器在家用电扇上很少用，它是分档位定时的，不能任意调整时间。每个键位均有规定时间。操作时，根据所需时间，按下该键即可。到时该键自动复位。

二、机械控制系统的使用

1．送风角度的调整

送风角度的控制是由与扇头相连接的角度盘控制的。角度盘在连接头的前端（其结构见4-5图）。壁扇、台扇、台地扇、落地扇都能利用角度盘改变送风角度。调整时即用手轻推扇头到所需方向，同时听到锁珠入槽声即可。在摇头机构工作过程中也可轻推网罩，改变送风角度，如图5-2所示。

2．自动摇头控制装置的使用

一般摇头机构有自动完成80～90度角扩大送风范围的作用。近年来，有的厂家已研制成复合转动的立体扇头。五向摇摆可选择40～80～120度和50～70～100度摇头机构。

控制方式有多种；

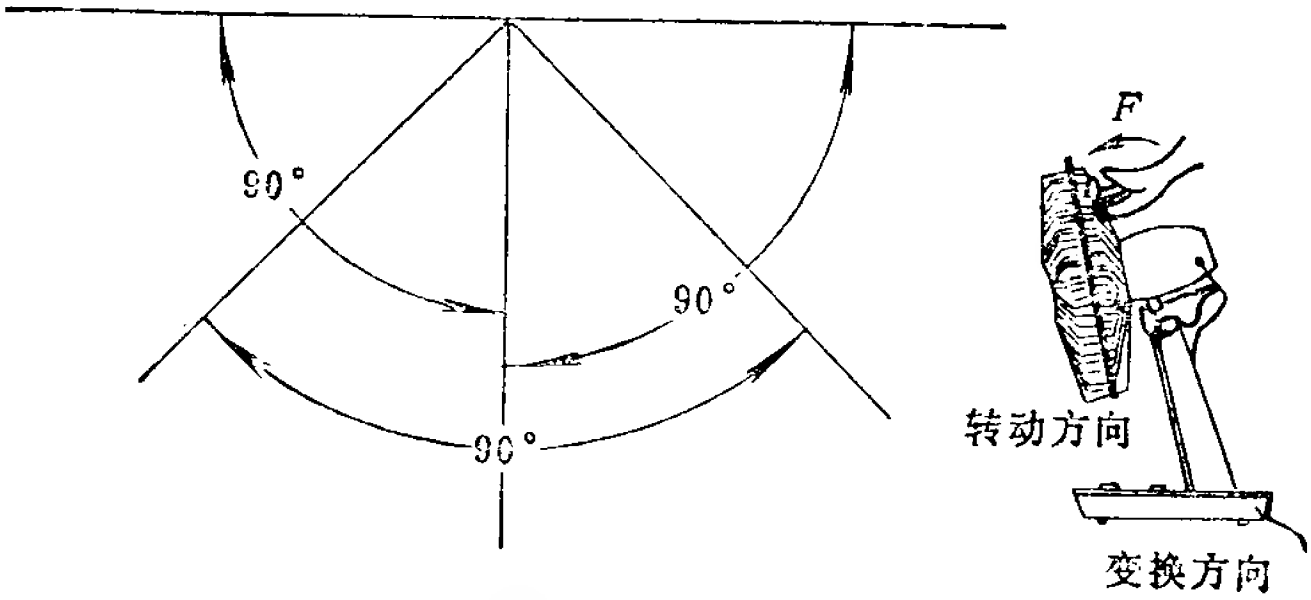


图5-2　扇头送风角度改变示意图

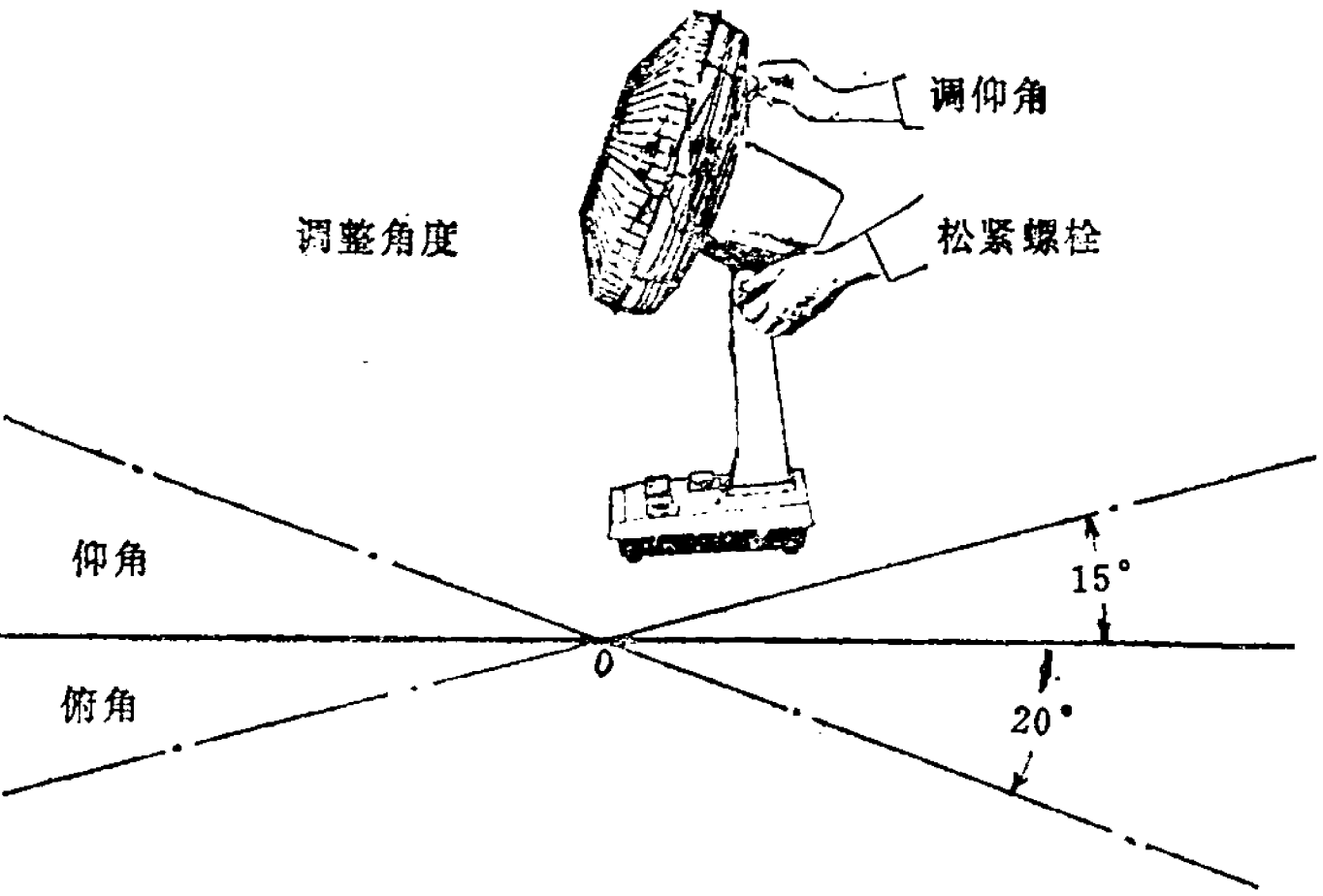


图5-3　扇头仰俯角度示意图

（1）遥控式（拉线式）：由旋钮牵动软轴钢丝，控制离合器的起落；

（2）揿拔式：即在扇头尾部位置装有揿拔手柄，可直接控制离合器的起落；

（3）旋杆式：即在扇头尾部位置装有螺旋柄，可旋进和退出，用以控制离合器启闭。

使用旋钮式定时器时不要强行做 360 度旋转，以防软轴钢丝拉脱，造成摆头失灵。使用揿拔式、旋杆式定时器时要注意在揿下或提起，旋进或退出均应到位，防止打滑或打牙。

3．仰俯调节控制装置的使用

有连接头结构的风扇均有仰俯角调节功能。这部分主要是靠紧固螺丝控制，操作方法简单。调节操作时应注意两手配合动作，一手扶稳扇头，另一手松动螺丝，待调好所需角度后，再旋紧螺丝。调节好后手慢慢脱离扇头，以防螺丝打滑而碰坏网罩、风叶或电机。图 5-3 所示为扇头仰俯角度示意图。

4．台地扇和落地扇高度的调整

左右手要配合操作。左手握紧可动杆，右手旋松紧固螺丝(或紧固旋把)，左手调整好所需高度，右手迅速紧固。验证确已固定稳妥后徐徐放稳，双手脱离并用棉丝或软质的布擦净亮杆上的污迹，以防锈蚀。高度调整方法如图 5-4 所示。

5．台壁扇的使用方法

有的台扇底座下面，靠立柱一则有钥匙孔，或其他形式的挂吊装置（铁板等）。这种台扇可兼作壁扇使用。其使用方法如下：

先将扇头角度盘上的红线（中心标志）对准连接头的松紧螺钉，并将螺钉旋紧，使扇头固定在正前方位置上，松开托盘上的挂吊铁板，拉出后调好位置并加以固定，再在墙壁上或柱子上选择合理，而可靠的位置，钉入一支大钉子，将托盘上的钥匙孔套挂在钉帽上，并将挂板也固定在墙壁上。经检查验证固定牢靠即可。然后，将一只手托住扇头，另一只手松开紧固螺钉将扇头托起，使立轴线与墙面约成 60 度夹角，再重新将扇头紧固住。电源线沿墙面作临时（或长期）固定延伸至电源处。这样，台扇便改装成壁扇用了，如图 5-5 。

三、电风扇保养方法

正确的保养措施可使电风扇延长使用寿命，且保持各项性能良好，运转正常。

1．加油

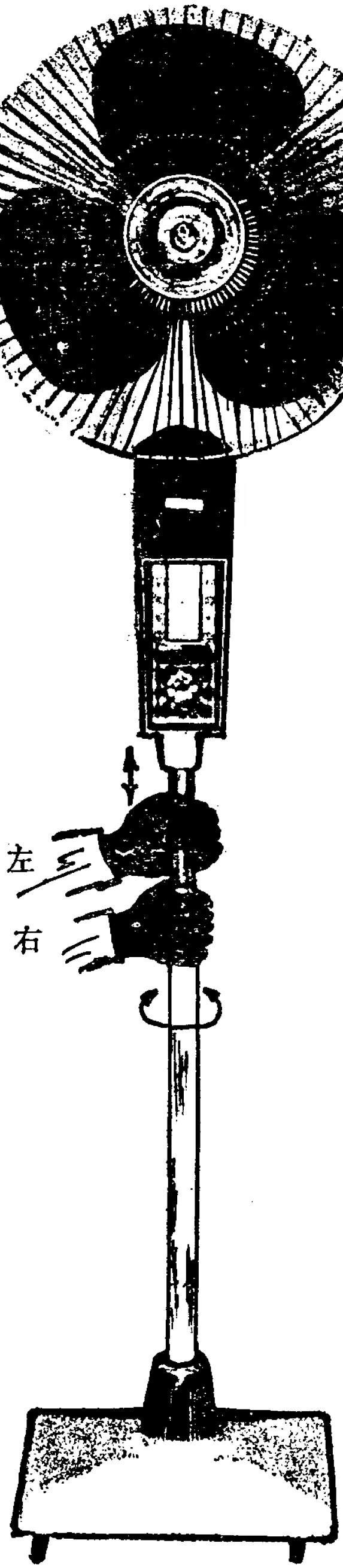


图5-4　台地扇落地扇高度调节

左手紧握动杆，　右手

松紧螺丝。

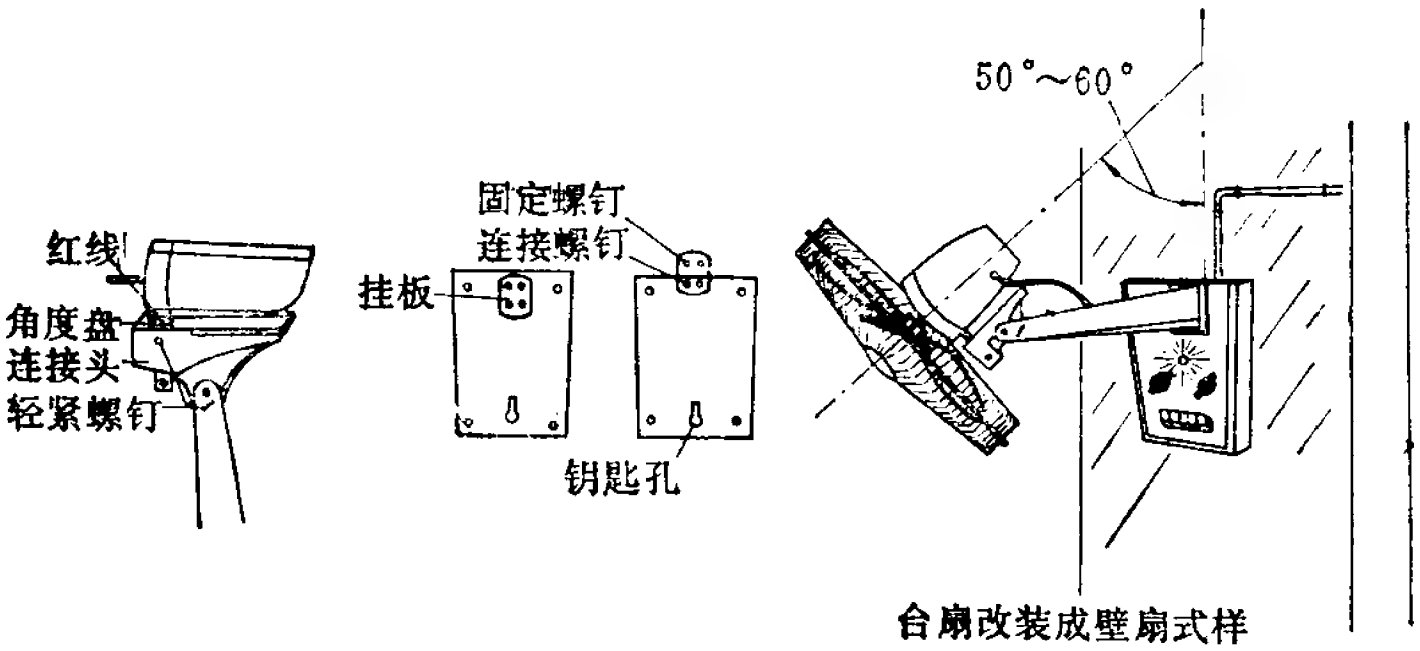


图5-5　台壁扇使用方法示意图

正常情况下，电风扇可连续工作数百，乃至上千个小时而不用加润滑油。由于风扇高速旋转时，在轴承和轴之间形成的油膜可保护轴承不受磨损（磨损极小）。而较大磨损是发生在起动后进入高速运行之时和停机后至风叶停止转动，这两小段时间里。家用电扇很少进行几百小时的长时间运行、而是间歇使用多。家用电扇的轴承一般又采用含油轴承，所以，使用半年或一年时应打开外壳加油或从加油孔处给轴承和毡垫加少许 20 号润滑油，以保持其润滑性能良好、防止噪音的出现和轴承的磨损。

连接头轴衬里、摇头机构、角度盘内应加入黄油，并且每年用汽油或煤油将变速箱内及其他部位充填黄油处清洗后更换一次新黄油，用以加强各部件润滑、减小磨损。

每年拆卸包装或组装时均应有一次加油。不同的部位用不同的油。填加量要适当，不要过多，防止脏污其他部位。

2．防油、打蜡

电风扇转动和易磨损的部位可加填润滑油和润滑脂，其他部位，如外壳、漆面、网罩、面板等处严禁被油脂或其他油类及溶剂（如煤油、汽油、酒精、香蕉水苯等）沾污。漆面、镀层和胶垫（圈）应避免损坏。这些部位应打蜡。打蜡即可防油又能保护漆面、镀层不受腐蚀。其做法是先用软布擦净电扇，再用干净软布均匀地涂一薄层上光蜡，几分钟后，再用软布打光即可。

3. 保洁

电风扇保洁不单是为了保持外表洁净美观，更主要的是为延长风扇使用寿命和使用价值。其内容包括防污尘和灰尘中的酸、碱、盐等微粒腐蚀金属表面和漆面。其他酸、碱、盐物质、菜汤、油和醋等污迹也具有腐蚀作用。防潮湿、防水是保持电气性能和绝缘性良好的基本保障，又可防金属部件锈蚀。

4. 防变形

电风扇不可避免搬运、移动位置或装组、拆卸。这时应注意不要磕碰。尤其是风叶、网罩一但发生形变即将影响正常运行，引起噪音增大、风扇抖动、碰叶等现象出现。面板各类控制器磕碰后，会造成控制失灵或短路。电机磕碰会造成气隙变化而出现磁噪音或扫膛等严重故障。漆皮的碰坏将直接影响美观。

5. 防触电

使用电器用品要特别注意防止触电事故发生。在较潮湿的水泥地板或湿度较大的场所，电风扇及其他电器都要有可靠的接地措施。电源线应经常检查有否破皮、裂口和断线等现象造成的漏电。移动风扇时不要拖拉导线，应拔下电源插头，移好位置后，再接电源，严防触电事故。

6. 存放

盛暑过后，存放电风扇不应该简单擦拭予以包装。首先应拔下电源插头，按上述措施抹拭干净、加油、打上光蜡。检查导线后按结构拆卸，分成扇头、座底两大部分，或拆分成较多部件存放。存放时注意防受压、防变形、防尘、防潮、防暴晒、置于通风干燥处。小零件应包装好，以防丢失。放入箱内再放入干燥剂即可存放。

7. 其他

电风扇运行有风声和停止时有微弱摩擦声是正常的。长时间运行，电机有一定的温升，电机外表温度和环境温度相比，温升不超过30度，即为正常。

风扇运转中如有异常噪音，或电机温升过高，电机冒烟等现

象发生，应即刻停机，尽早排除故障或癥患，以避免造成不必要的损失。

运行中的风扇严防杂物、异物与风叶相碰或侵入电机。

转叶式鸿运扇的格栅网，不得随意强行拨转，以免损坏离合机构。

第五节　电风扇的检查与组装

一般家用电扇都是分装式电风扇，由前后网罩、风叶、电机、连接头立柱、底座组成；吊扇由风叶、吊杆、底座、开关盒等几组部件组成；排风扇、扬谷扇、降温扇等大型电扇均由底座、电机、风叶和网罩组成。

一、检查零部件和组件

1．打开包装后自上至下平稳取出各零部件和组件，不得磕碰，分别在组装台（或地面）就近放置。

2．按说明书规定，检查零件是否齐全。外观是否良好，有无锈蚀、变形或破损。各检查项目要求可参考第四、五章内容。

3．检查电机主轴和其他可转动部件转动是否灵活。用手捻动查看有无卡阻现象或卡阻感觉。如有异常，应调整好。

4．检查各连接部位的螺钉和螺母是否齐全。有无倒牙、锈死现象，能否起紧固作用。

5．检查各控制器是否动作灵活，有无脱落或损坏。

6．导线的检查主要是看其有无裂、断、绝缘皮脱落、损坏等现象。如有，必须更换导线或作严格的绝缘处理，方能使用。若搬家或迁移位置，还应检查铭牌所标电压和频率与本地电源是否相符。相符时方可通电使用，否则，应调整电路。

7．初用或启用存放期过长的电风扇，要侧定电动机的绝缘电阻，其阻值低于0.5兆欧时应进行烘干处理(40°～80°C下烘干4小时以上)。除湿增强绝缘性后才能使用。

8．检查零部件组件的同时，应按本章第四节所述内容，进行保养处理。

二、整机组装

家用电风扇说明书中均有风扇结构图。组装前将图看清，严格按图组装。现以台扇、落地扇为例来说明组装方法。

以整机为准自上而下或自下而上的两种组装方法都可采用。下面介绍一种自上而下的组装台扇的方法和一种自下而上的组装落地扇的方法。

1．台扇的组装

按图5-6所示编号顺序进行组装。

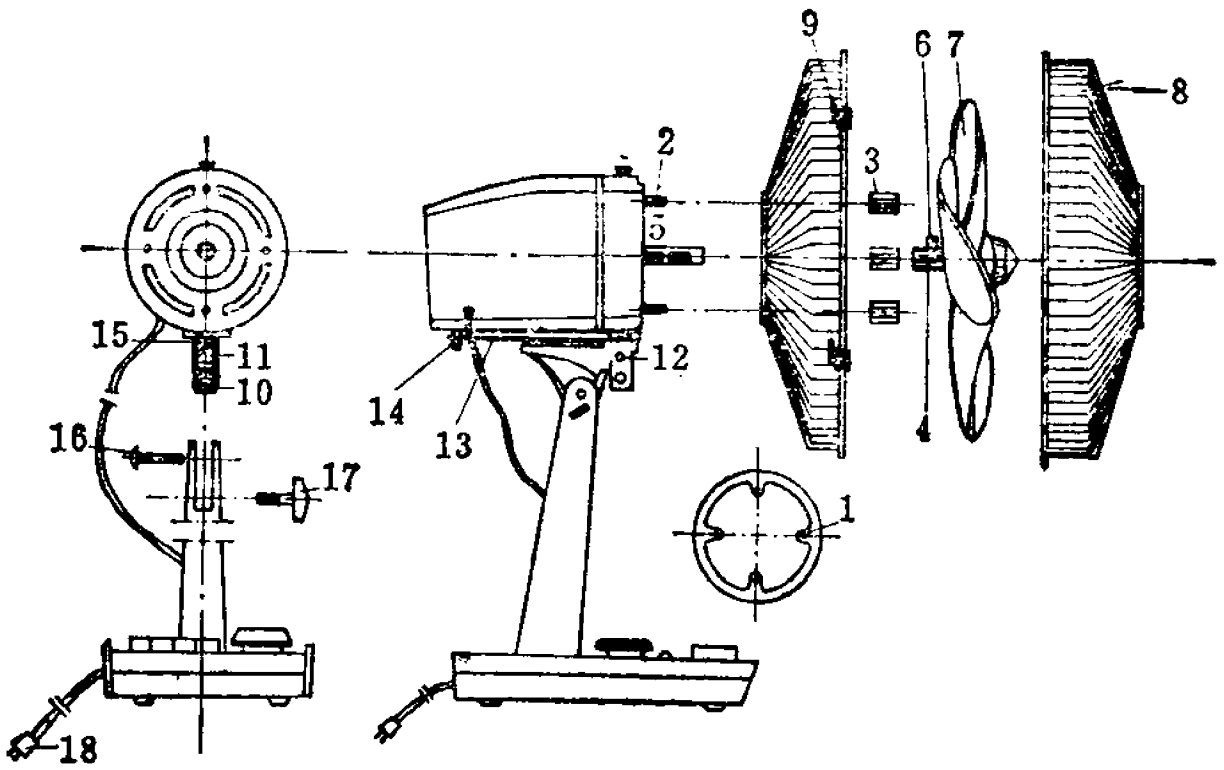


图5-6　台扇分解及组装顺序示意图

1—四个连接片；2—穿钉；3—六方母；4—风叶轴套；5—电机主轴；6—扇叶顶丝；7—风叶；8—前网罩；9—卡子；10—立轴；11—轴套；12—紧固螺钉；13—连杆；14—开口销；15—连接头；16—穿钉；17—松紧螺钉；18—电源插头。

首先组装扇头组件，即将后网罩四个连接片套在电动机的四支穿钉头上，用六方厚螺母将后网罩紧固在电动机上；再将风叶轴套套入电动机主轴上，并紧固扇叶顶丝，使风叶固定在主轴上；将前网罩扣住风叶，并对正后网罩上定位孔后用卡子将前后网罩卡紧就完成了扇头组件的装配。接着完成连接组件，参照4-8图组装连接头组件。然后，将扇头立轴插入连接头立轴轴套内，并紧固螺钉；接着把连杆装上，并用开口销加以固定，至此完成连接组

件的装配。再把连接孔卡入立柱卡口，旋紧紧固螺钉，并检查好电源插头，通电检查组装情况。参见第五章第三节怎样选购电风扇的内容。复查一遍组装情况，如无异常现象，即为组装完毕。

2．落地扇的组装

落地扇与台扇结构不同点，是其底座和控制器（开关盒）不同。各厂家的设计归结起来可分以下几点：

开关盒：一种是装在立柱上的；一种是无线电遥控操纵器；它与整机分开，可在一定距离内遥控操作。

立柱：由底座、立柱和起升降作用的动杆及旋把（或紧固螺钉）组成。

电源线：有的从立柱中自上而下穿过，由底盘中心孔抽出，

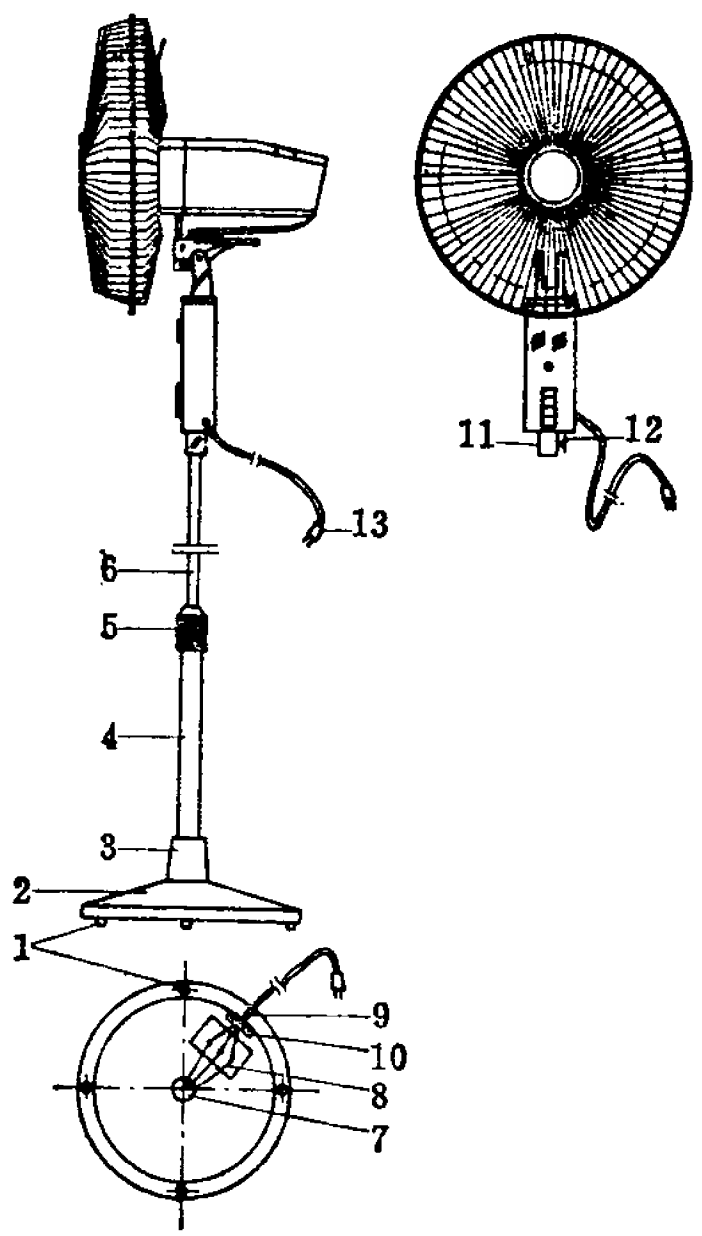


图5-7　台地扇、落地扇分解组装图解

1—脚垫；2—底盘；3—亮罩；4—立柱；5—旋把；6—动杆；7—底盘中心孔；8—接线板；9—引线孔；10—压线板；11—套管；12—松紧螺钉；13—电源插头。

从底盘侧面穿出接电源。也有的电源线从开关盒后面或侧面直接引出的。组装方法如图5-7所示。

1．把底盘翻过来，先将脚垫按位置紧固在底盘上。

2．立柱如系组合式的，将亮罩套于立柱上，然后，把立柱和底盘拧紧。

3．将旋把拧于立柱上，从旋把中心孔将升降动杆插入调好适当高度后紧固旋把。

4．如电源线系从底盘引出，就把电机引线自上而下穿入立柱，从底盘中心孔引出与接线板相连，把插头引线无插头的一端串过底盘侧的孔和接线板相连，并紧固。同时将压线板紧固螺丝拧紧。

5．将开关盒下部的套管套在动杆顶端，并紧固好螺钉，至此，落地扇的底座组件的组装就完成了。

6．扇头组件和台扇组装相同。检查后，即可通电检验运行情况是否正常。

其他各式风扇如台地扇、顶扇、排气扇的组装方法都大同小异。可参考台扇、落地扇的方法进行组装。

存放时需要拆卸，按组装方法的相反顺序操作即可。

第六章　电风扇常见故障及维修方法

各种类型电风扇出厂前，均经严格测试并检验合格。也就是说，无论质量和功能都是完好的。

但是，经长途运输、搬运、存放或由于使用不当等原因，至使电风扇出现大小不同的故障。总之，产生故障的原因及故障表现形式比较复杂。同一故障现象可能产生于多种原因，同一原因又可能表现出不同的故障形式。因此，就必须对故障做具体分析和认真检查，方能有排除故障的措施和方法。

第一节　维修工具及应注意事项

一、维修器材

维修电风扇应备有必要的工具。这是保证维修质量不可缺少的条件。工具包括：

1．大、中、小号螺丝刀（一字口和十字口的均应准备）、通讯螺丝刀（长颈的），各一把，用以拆装螺丝。

2．钟表螺丝刀大、中号两把即可，用以拆装修理定时器。

3．大、中、小号搬手或内六角搬手均可，准备一套，用以装卸螺母。

4．大、中、小号钳子、尖口钳各一把。及电烙铁、焊锡、松香（或焊油）、摄子等辅助工具也应准备。

5．万用表一块，试电笔一支，用于检查工作。

专门从事风扇修理的单位还应具有一定的机械加工条件及钳工必备的工具，如：工作台、调平台、台钳、台钻和刮刀、扁铲、大小挫刀、钢锯、木锤、铁锤、钢冲、铜冲、砂布以及毛刷等。

常备材料和各型号标准件的准备包括润滑油、钙基脂（黄油）、

表油、汽油，煤油、油壶、油枪、万能胶、502胶水、甲苯、绝缘漆，常用漆包线、青壳纸、聚酯薄膜以及尼龙线等材料。

常用的风扇零件如表6-1所示。

表6-1　维修电风扇应备零件表

序号	外形图	名称	所属部组件	配用范围
1	见图 3-12	定子	电动机	台扇、台地扇
2	见图 3-2和图3-21	转子	电动机	落地扇、壁扇、顶扇
3	见图 3-1	主轴	电动机转子	同 2
4	见图 3-9和图3-14	含油轴承	电动机	同 2
5	见图 3-13	毡圈	电动机	同 2
6	见图 3-13	轴承夹	电动机	同 2
7	见图 3-12	轴承盖	电动机	同 2
8	见图 3-12	油帽	电动机	台扇、台地扇
9	见图 4-9	胶护套圈	外壳、底座、立柱	落地扇、壁扇
10	见图 4-5	摇头齿轮	摇头机构	同 9
11	见图 4-5	齿杆	同10	同 9
12	见图 4-5	蜗轮	同10	同 9
13	见图 4-6	上下离合块	同10	同 9
14	见图 4-7	弹簧夹、钢珠	同10	同 9
15	见图 4-7	弹簧片	同10	同 9
16	见图 3-12	杠杆、翘板	摇头控制机构	同 9
17	见图 3-12	连杆	摇头机构	同 9
18	见图 4-8	角度盘	同17	同 9
19	见图 4-8	盖板	连接头	同 9
20	见图 4-8	连接头	同19	同 9
21	见图 4-9	钢丝软轴	同16	同 9
22	见图 4-5	套盘	同16(揿扳扳式)	同 9
23	见图 4-5	揿扳柄	同22	同 9
24	见图 4-3	前后网罩	网罩	同 9
25	见图 5-6	底圈	后网罩	同 1
26	见图 4-3	装饰圈	前网罩	同 1
27	见图 4-1	风流帽	风叶	同 1
28	见图 4-1	轴套	同27	同 1
29	见图 4-1	风叶片	同27	同 1
30	见图 4-8	顶丝	风叶、角度盘、连接头	同 1

(续)

序号	外形图	名称	所属部组件	配用范围
31	见图 5-6	松紧螺丝	底座、立柱	同 1
32	见图 5-7	线卡子	底座	同 1
33	见图 5-7	脚垫	同32	同 1、9
34	见图 4-19	电容器	同32	同 1、9
35	见图 4-16	电抗器	同32	同 1、9
36	见图 4-9	摇头控制器	同32	同 1
37	见图 4-21	定时器	同32	同 1、9
38	见图 4-13	琴键开关	同32	同 1、9
39	见图 4-9	旋转开关	同32	同 1、9
40	见图 4-9	指示灯	同32	基本通用
41	见图 4-10	旋把	立柱	台地扇、落地扇
42	见图 4-9	护圈	同41	同41
43	见图 4-9	旋扭	各种开关	同 1、2、9
44	见图 4-10	防尘罩	同32	同41
45	见图 4-12	调速器	控制器	顶扇、吊扇
46	见图 4-9	垫圈、螺丝	其它	同 1、2、9
47	见图 4-9	灯罩	指示灯	同 1、2、9
48	见图 4-9	螺母	同32	降温扇、扬谷扇

除上述应备器材外，熟练的维修技术人员在长期工作中会创造很多既能排除实际故障，操作起来又得心应手的自制工具。这点是很有价值、很宝贵的，对维修电风扇将有无法估价的作用。

二、维修前应注意的事项

修理人员的技术的高与低，与平时的学习及工作经验的积累有着直接的关系，所以，工作中应注意：

1．接活时一定要有情况记录。如风扇牌号、使用了多长时间、保修单上的故障记录、说明书有无等。

2．向用户问清故障现象。如造成故障的原因、以前修理过没有、日常使用中发现过什么异常现象、用户是否拆卸过风扇等。掌握这些情况对于帮助判断故障大有益处，在维修时会节约很多时间。

3．接修他人未修理完的工作时，应了解故障现象和排除故

障已采取的措施，以便着手工作。如果什么情况都不了解，在动手工作前，必须用万用表先做电路系统的静态测量，判断一下是不是电路故障。也可在不通电的情况下，用手拨动风叶及其它部位，听听有无异样的声音。也可以靠直接感觉、估计一故障范围，再着手处理。

4．通电寻查故障前，先用万用表测一下电源是否完好，接地线是否接触良好并检验外壳是否带电，再接通电源，以免发生触电。

5．排除电气故障时，均应尽量避免带电操作。维修人员要学会熟练地使用万用表的电阻档及其他档位，以便追寻判断故障。必须通电方可判断故障时，应在具有相应防触电安全措施下进行。如脚下和工作台上垫好绝缘胶板，用试电笔等工具去接触带电体等。查明故障原因后，要断开电源，再着手修理。

6．维修风扇的目的在于使其恢复正常工作，所以，不要因操作不当而增添故障或因磕碰而增加风扇的损坏程度。

7．拆卸后的大、小零件，应置于一个固定位置或容器中，以免丢失。风叶取下后，不得乱仍乱放，要用绳子悬吊起来或放在不挤不压的位置，严防风叶角度变形。这是修理风扇时应特别加以注意的一点。因为，风叶扭角的要求很严格，调整风叶扭角是技术难度很大的一个修理项目。

8．更换零部件时，尺寸、规格要求相符。随意选用零部件，将造成整机质量下降。

9．排除故障后，应做重点技术记录，以积累经验，提高技术。

这样循序渐进，不仅能较快地提高维修技能，而且能触类旁通，逐渐扩大技术的应用面，学习掌握更多的维修技术，同时，也便于提高理论。

第二节　电动机故障分析及维修

一、故障分析

电动机的故障可分为电气故障和机械故障两大类。电气故障

是指构成电磁回路的部分，如定、转子铁芯，定、转子绕组及绝缘的损坏。机械故障指外壳、端盖、轴承和碳刷及其他相对固定的零部件的损坏。

其中烧坏绝缘，轴承磨损和碳刷磨损是电动机最容易出现的故障。

机械故障和电气故障总是相互关联的。机械故障最终仍将导致绝缘的破坏、绕组的烧毁。无论是因为轴的变形，还是轴承的磨损，最后总是出现定转子同心度偏差加大而造成气隙不均。气隙小的一处，其磁场拉力大于另一边，更加剧轴承的一侧磨损，越拉越偏，最终造成定、转铁芯相摩擦——扫膛，此时，电流很大，温度很高，致使绝缘烧坏。

绝缘材料根据其耐温水平分为A、E、B、F、H、C六个等级（见附录表一）。电机常用绝缘材料为E级绝缘。E级绝缘耐温115℃，允许温升为75℃（也称75°K），其含意是，电机工作在此温度下，绝缘寿命为20年，若超过该温度工作时，绝缘老化随温升的升高而迅速加剧。

永磁直流电动机、单相交流电动机和三相异步电动机的结构工作原理参见第三章内容。永磁式直流电动机的故障，多数情况下表现为碳刷与整流子接触不良产生火花和噪音。如果火花大到绕整流子一圈，称为“火环”，会使与整流子相连的电枢绕组短路，此时，电流很大，将会烧毁绝缘。因此，在使用永磁电动机时，要特别注意弹簧应压紧碳刷，使碳刷在整流子上有良好的接触弧面。

单相交流电动机包括电容运转式、电容起动式、罩极式、交流串激整流子式电动机等。前三种电动机都有一个起动绕组（副绕组）。它要求电阻比主绕组大得多，因而，导线很细，通过的起动电流又较大，只适合短时间工作。如果接在起动绕组中的起动元件，离心开关和起动断电器发生故障，或因为电机过负荷起动，转速达不到离心开关动作的转速要求，都很容易使起动绕组绝缘烧毁，同槽中的工作绕组也可能烧毁。

电容运转式电动机的电容不匹配时，会造成副相电流过大而发热严重。在空载时，主副相电流比满载时大得多，所以，不宜长时间过载运行。

单相电动机常常遇到起动困难的问题。当罩极式电动机不能起动时，应先检查罩极圈是否脱焊或断开。电容电动机不能起动时，要检查电容是否断路（用万用表电阻档测量时，断路时，指针不动）、短路（指针指零）。正常情况下万用表指示的电阻值约为几百千欧。分相起动电动机不动时，应检查离心开关或起动继电器的触点是否接触良好；串激整流子电动机和永磁电动不起动时，应检查碳刷与整流子的接触情况。然后，再检查各绕组是否断线或短路。

二、绕组修理

1．在拆除旧绕组前，应记录原电动机主、副绕组的节距、分布方式、连接方式、出线头位置等、绘制简图并标注说明。图6-1所示为电机的绕组展开图。

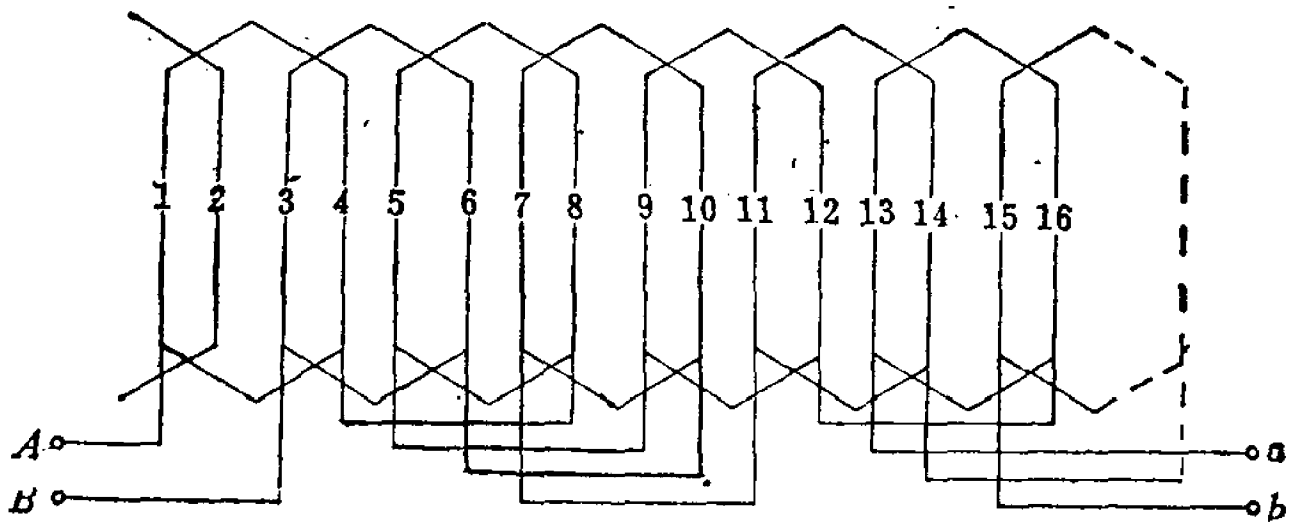


图6-1　电机绕组展开图

2．用烘烤加热或通电加热的方法，使旧电动机上浸漆软化，并趁热拔拆下线圈。

3．清点每一圈的匝数，主副相各自的直径（裸露的和带漆的），每匝平均长度。按这些数据，做好线模板，如图6-2所示。在模板上绕好主、副绕组（这样绕制的线圈下线较方便）。

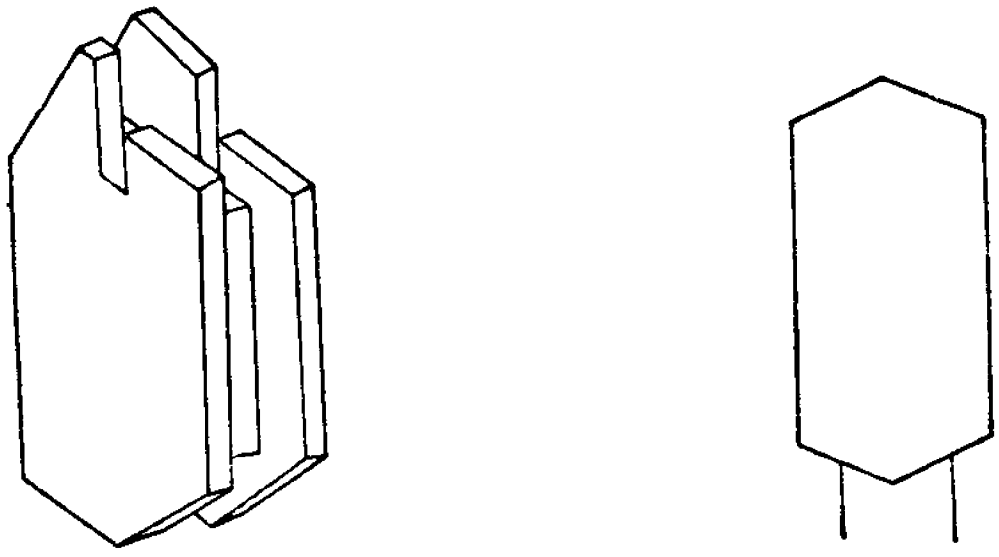


图6-2　绕线模板

4．将定子铁芯上残留的槽绝缘和漆清理干净，在每个槽底下面放新的槽绝缘。可采用聚酯青壳纸复合薄膜(0.15～0.20mm厚)，宽度为槽底一周（两端各余3～5 mm封口），长度为铁芯厚度加两端各伸出3 mm即可。垫好后，按记录的展开图6-1，先嵌主绕组，后嵌副绕组，并按原接线方式连接，端部形成喇叭口，使之不妨碍转子和端盖的装入。而后将端部绑好，并理好引线。整理好的定子应进行浸漆处理。浸漆方法参见第三章、第四节有关电动机绝缘处理的内容。

三、如何检查维修情况

1．检查定子下线正确与否，业余修理者往往胸中无数，又缺乏仪器设备。下面介绍一种简单直观的办法来检查，就是在定子下线结束后尚未浸漆前，将线头按工作线路接好（如系电容式电机，其电容值必须与原来一样），将铁芯立起(轴心线水平)，用调压器给定子以低压（注意此时没有转子，不能用220V，只能用100V左右)。定子内膛放一个钢珠或钢球，若球在定子内膛旋转起来，表明绕组下线无误。钢球的转向正是转子的转向。

2．电动机装配后的检验，首先凭手拧动转子轴靠感来判断一下是否转动较灵活。摩擦阻力应很小，拧动后的转子可借助惯性力继续转动几周才停下来，以灵活轻巧为宜。然后，用电流表(或万用表)接入电动机工作线路进行试运转。空载电流应为满载

电流的50～80%，电流小，则表明装配合理。

四、电风扇振动的排除

无论工农业用电扇，还是家用电风扇均存在不同程度的振动现象。新购的风扇一般不存在这种现象，而使用一段时间（半年左右）后这种振动现象就会逐渐明显，严重者甚至发出令人讨厌的“啪啪”声或“哐哐”声。

1．振动原因分析

电风扇一般采用罩极式和电容式电动机。由于罩极式电动机的旋转磁场是非对称的，即不按正弦分布，在四周气隙中形成椭圆形磁场，所以，才产生电磁振动，并且有起动死点。而电容式电动机工作时，主、副绕组在空间成90度电位角，相位也可用电容调节成在时间上相差90度，从而具有较好的电气特性和起动力矩。由于调速电抗器接入副绕组、因此，主、副绕组相位并非严格的相差90度。

电容式电动机在电扇上的应用越来越多，因为它具有下列特点：

（1）定子与转子间的气隙很小。对于35～80W的风扇电机，其间隙只有一根头发丝直径大小（约7～8丝）。从理论上讲，间隙越小越好。间隙越小，电机磁阻就越小，电动机的空载电流、温升都会减小，功率因数和节电性能都会变好。因此，气隙大小对电机性能好坏起着决定作用，也是衡量电机制造水平的重要标志。

但是，气隙越小，整机配装越困难、技术要求也越高。装配误差容易引起气隙磁通分布不均，产生磁噪。

（2）结构简单（其结构在第三章第四节已介绍过）。制造材质轻，其端盖为铸铝件。由于材料质地较软、易于形变（装拆一次，变形一次）。这种只有几丝大小的变形不易发现。此外，前、后端盖各有四点和定子相触而不是圆周接触，这样会出现机身与两个端盖的同心度不好。由于穿钉夹紧造成的压力和运行时的振动都会使接触部位的止口变形（所以，有时只要紧几个不同位置的螺

丝，振动就会消除），发生偏心现象，使气隙磁通分布不均。如果磁通在气隙中分布极其不均，则会产生两倍于转差率的差频噪声（两极电动机更为明显），或产生两倍于电源频率的电磁振动。

2．振动的检查和排除

取下网罩、风叶、变速机构组件，只留下电机部分（排除其他机械振动来源），然后，通电使电机转动。如发现电动机仍振动，即可确认为电动机本身有问题。这种差频振动的特点是节奏较慢，能明显的听到“啪啪”的声音。如果断开电源，在惯性作用下空转而无“啪啪”声，这就是由于气隙不平衡所引起的电磁噪声。这种噪声时高时低，时隐时现。在不同转速下，噪声程度不同。这种电磁振动比较难处理，因为很难掌握气隙的尺寸，即使拆开电动机，也很难确定故障点。而且拆装次数越多，反而会使故障更严重了。这时可采用通电旋转调试的方法。其步骤如下：

（1）拆开电动机，检查零件有无坏损，检查线圈和绝缘是否完好，并清洗、加油进行保养。

（2）将轴承转动 180 度或 90 度，调整轴线点的高度。

（3）重将整机装好，但穿钉暂不要拧紧。用手捻转转子轴，查看是否灵活。

（4）用手握住端盖，通电使电机转动的同时加以调整，直到电磁振动完全消失为止。

（5）重装整机后，稍拧紧穿钉螺丝，对端盖的垂直度进行调整，直到电磁振动完全消失为止。

（6）在通电旋转的情况下，慢慢把对角的穿钉拧紧，可根据磁振的反应情况拧紧或放松四个螺母，直到不振动为止。旋紧螺母时，应注意以下几点：

（*a*）不可宁得太紧，以免丝扣滑丝；

（*b*）调整要仔细，有时某只螺母多拧 1／4 扣，磁振又会重现。最后装网罩时，一定保证不改变已调好的穿钉位置；

（*c*）调整过程中要严防定子与转子相碰撞或磨擦（最好保证绝缘漆不被破坏）。

（7）有时调整好的电扇、运转时间不长，又出现磁振。其原因是止口和定子没有接触好而造成的间隙变化又使磁振出现。遇到这种情况，可以在观察到的虚接触点加垫厚度为0.015～0.025 mm的聚酯薄膜绝缘纸，经一、二次调整，即可使之接触均匀，消除故障。

（8）最后完成风叶、变速机构的组装。并做试转检查。

除上述电磁振动外，电风扇还会产生其他机械振动或不同形式的故障现象。

3．电机故障判断

异步电动机正常运行时，音响很均匀，无杂声和特殊响声。如果出了毛病，就会发出不同的噪声。根据经验，可从不同的噪音判断出是何种故障。

轴承如已损坏，运转时有阵阵“咕噜，咕噜”声；轴承润滑油不足，会发出连续的“咝咝”声；转动部分与静止部分（转子与定子、风叶与机壳、转子与绝缘物等）相互接触，会有周期性的摩擦声（扫膛声）；定心铁芯叠片过于松弛，在定子外壳上能听到特别的“嘶嘶”声；起动不起来，单相运转时，会有闷声闷气的“嗡嗡”声；绕组出现接地短路，运转时可听到断续的“吱吱”放电声；转子不平衡、端盖轴承座偏心、轴头弯曲会使电机发生剧烈的振动声；超负荷运转，电流过大时，会听到特别大的“嗡嗡”声，电刷与滑环接触面过小，会有连续的尖叫声。掌握这些特点后，可以减小检查时间，缩小故障范围，较准确地判断故障性质和位置，以便采取有效措施，防止事故的扩大，准保正确运行。

罩极式电风扇有时会有这样的故障：轴承不松，轴向径向间隙正常，似乎都好，可是开动时却发出一种电磁声与机械冲击声相混合的“哔哔”声。无论摇头与否，声音都一样。

剖析验证——可发现是电机转子与转轴之间松动而引起的。发出噪声的大小与其松动程度有关；松的越厉害响声越大；有微小松动时，风扇开动几分钟至十几分钟才发出响声；低速时声音

小，甚至不响。高速时声音大些。

检查方法——拆开电机，一手握住转子，另一手用手钳夹住转轴，适当用力扭动，就可发现它们之间的松动程度。

解决办法——把转轴压出，加工一根比原来略粗一点的新转轴，再压入转子、还原位置。也可换一个同型号的新转子。其他按常规修理，噪声即可消除。

蜗轮减速箱中，黄油没填满或种类不合要求，运行后发热而变稀，起不了减振阻尼的作用。如拆开电机后发现熔化了的黄油，通过球面轴承和轴之间隙，流入电机内部线圈者，最好改用深黄色的钠基（或复合基）黄油。

电机轴窜动过大，也会引起振动。正常情况下这种窜动量应不大于0.3mm。可在转子上加胶木垫片调整其窜动量至符合标准要求。

第三节　通用电机换向器的修理

通用电机亦称交直流串激电机。这种电机，无论通以交流电，还是直流电，都能正常工作，并且具有转速高、体积小和起动转矩大的特点，因此，它在家用电器（如电风扇、吸尘器、电动缝纫机等）中早已得到应用，更是维修中经常遇到的机型。

换向器（又称整流子）是通用电机的一个重要部件。其构造见图3-36。它由紫铜换向片、云母片及铁芯等组成，装在电机轴上，并随电枢一起转动。

正常运转的换向器，应为圆柱形的平滑表面，且在表面上有一层坚硬的紫红色光泽的氧化膜。但使用日久，由于自然磨损、侵入油污等原因而引起各种故障。如果发现换向器表面有轻微伤痕、粗糙、积污，可用００号玻璃砂纸打磨平滑。

当换向器表面失圆或有严重烧伤、云母片显著突出等缺陷时，应将电枢卸下来，在车床上车光，再用小锯条进行刮沟，然后，将换向器磨光滑，并清除沟槽中的铜屑。装配后即可继续使用。

若换向片间发生短路、碰壳现象，可调换一个新换向器。目前，换向器规格不一，市场上难以买到所需成品，所以，遇到这类故障，往往要由维修人员来修复，使其达到原有性能。在修理时，通常按下面的步骤进行：

1．将已损坏的换向器从电机轴上卸下。测量它的外径、长度，焊线处凸肩的外径，以及换向片数目，把这些数据逐一记录下来。

2．找一段内径略小于换向器外径的钢管（可用自来水管），在车床上加工钢管内径，使其等于换向器外径，把换向器镶入钢管内。车去钢管一端的剩余部分，于是，形成一个钢箍，以防止拆卸过程中换向片散开。

3．车削换向器铁芯胀铆部分的铆边，从车床上取下换向器，用小铁锤轻轻敲击铁芯，使其退出。铁芯由两部分组成的，见图 3-36所示。

4．重新加工一付铁芯，可采取两种方法：一是按原样车制，只是在长度方向留出 2～3 mm余量，以作铆边之用；另一种方法是在铁芯的两部分，均车出 5 mm长的螺纹，在组装时不需胀铆，而用特别的扳手将螺扣拧紧即可。这样拆装方便，省时省力。

5．将铁芯周围的云母衬垫轻轻撬下，用游标卡尺测量它的厚度。准备好新的云母片，其厚度应与原云母片相同。如果新云母片较厚，可用小刀去掉多余部分，反复进行较正、调换，最后应符合所需要的厚度。

6．测量换向片的内径，并记录下来。然后，将换向器从铁箍内取出，用锤轻轻敲击，使换向片与云母片全部分离。量出云母片的厚度，并将新云母片裁剪成许多块长方形，边缘部分应留有 0.5mm的加工余量。

7．用铁皮，按原换向片沟槽形状和大小做一块精确的样板卡。

8．在硬木块上，按照原换向片的斜度开一斜槽，以换向片

能完全嵌入槽内为准。

9．把紫铜板（其厚度与原换向片相同）截成同样的长方块，将它逐块放在木制斜槽内，并用锉刀锉削。与此同时，用样板卡测量，直到完全合格为止。然后，用细砂纸磨光。

10．利用橡皮筋把所有换向片围成辐射状，再插入云母片，形成换向器的雏形。

11．加工车制一铁箍，其内径等于雏形的外径，将换向器雏型压入铁箍内，按原换向片两端的“V”形，在车床上进行车削（斜度、深度应与原换片相同），再按第六项中记录的尺寸加工换向片内径。

12．将其从车床上取下，细心剔除铜屑。放置云母衬垫和装配铁芯，然后，用喷灯或其他方法加热（云母片在受热后变软），使换向片压紧，并将铁芯铆合成一体。

13．此时从铁箍中取出换向器，利用校验灯或仪表检查各换片间的绝缘情况。若无短路、碰壳现象，即可装到电机轴上。在车床上将换向器表面车光，最后进行削沟、磨光滑，并清除铜屑。

第四节　电扇慢速档噪声排除方法

一、转子轴向窜动

人们在休息或学习时，总愿意把电风扇开在慢速档。但是不少新旧电扇，往往在慢速档发出无规律的“哐、哐”声，特别是在不摇头或电机低头运转的状态下更为明显。为什么在慢速档会产生这种噪声呢？因为一般电扇电机转子装配时，允许有0.3mm左右的轴向窜动量，使用电扇时，一般总是稍向前低倾，使转子和风叶的重心向前。当风扇高速运转时，由于风压产生的向后推力，足以克服转子和风叶向前的重力，使转子纸质垫圈牢牢靠在后含油轴承的平面上，故不会向前窜动。当风扇慢速运转时，风叶的向后推力明显减小，且与重力接近平衡。这时，转轴容易产生向前、向后的窜动，从而发出令人烦恼的“哐、哐”声。为避免这种噪音，装配和维修电扇时，应尽可能地减小窜动。具体办

法是在原硬纸垫片里面，放几片薄青壳纸垫片，或者放几片质地较好的尼龙纸片（但不能使用薄橡胶片，因为它极易氧化变形）见图 3-2。制作纸片时，孔径需与轴外圆一致，使之紧套在轴上。由于纸层之间有一定的弹性和微小间隙，故可起一定的轴向浮动作用。装配时最好先试装一下，测得其窜动量，然后，垫上相应的纸片，以不卡死（用手能轻轻转动）为准。

此外，在拧开端盖时可能会遇到困难，因为电扇厂是用专用扳手紧固的，一般起子无法拧开。为此，自己可动手做一个专用扳手。其方法是：用一只废M10mm的内六角螺栓（正好能套在M5的端盖螺帽上），再用φ5.5～6.5mm的钻头，在内六角头内钻一深为 15mm左右的孔，并在螺丝的一端横打一小孔，穿入一小杠杆，用起来很方便，如图 6-3 所示。

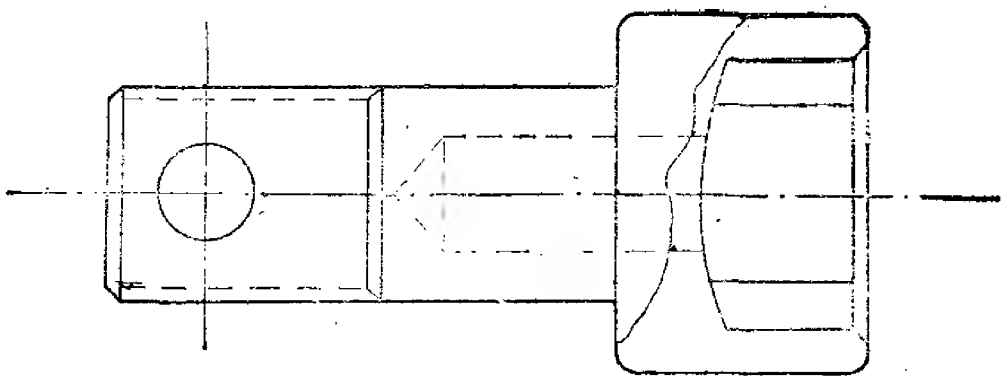


图6-3　自制专用扳手

二、风叶和罩网的影响

一般认为噪音来源电动机和齿轮等其他零件的摩擦所致，实际原因很多。风叶和罩网对噪声的产生也有直接的关系。

购置电风扇一般都仔细的挑选，但使用一段时间或不慎磕碰了扇头，风扇出现噪声。这时，应查看罩网是否变形，网线有无脱焊，然后，通电慢档运转，观察风叶片运动轨迹是否一致。如果风叶的运动有明显差异，那表明风叶变形。风叶变形会影响风扇的稳定运转，甚至会发生振动，产生明显的风鸣声。

如果采用增大风叶扭角的方法来增大风量，风扇的转速必然因风叶扭角增大而降低，风扇的转差率则随之相应增大。因此，

电动机的设计应与理想的转差率相适应。

处置风叶故障时应了解以下事项：

1．适当增大叶片的宽度有利于减少叶面的单位压力，但是，叶片宽度过大将产生涡流。这会导致降低转速和出风效率。因此，不同规格的风叶不可随意替换。

2．叶片平面的弯度过大，也会产生涡流而减小排风量降低使用值。

3．风叶旋转时所产生的嘈音，与风叶的片数、风压、转速有密切关系。

4．叶片数目以少为宜。家用风扇多采用三叶片，因为在风叶旋转时产生的嘈音大小与风叶单位面积上所承受的压力成正比。

5．从转速的因素分析，转速的大小直接影响噪音的大小，因为家用风扇电动机的电磁噪音和机械噪音以及风叶转动推动空气时产生的涡流声等，这些噪音可通过风叶而被直接扩大。所以，要求电动机设计时选择较理想的转差率。

6．单从提高电动机转速上打主意，增加风量，这个办法看来似乎可行，但实际上不是正确办法，因为，这样做耗电量必然增加。

7．风叶的三等分平均角度与每叶片的曲线轨迹的关系由于变形而破坏。可按图 4-2 和及第四章第一节所述进行调整。

8．风流帽的松动也会发出噪声。

9．轴套内孔过大、顶丝松动均会造成风叶高速运转时产生风鸣。风叶固定铆钉松动会出现明显抖动。这种动平衡的破坏，如不及时修理、调整将引起单边磁拉力增大等故障出现。

扇叶“动平衡”不好，此类毛病一般（很难修理，因此，不要轻易扳动扇叶。如确有动平衡被破坏（如摔跌，或小孩用棍棒打坏），则可请有经验的人修理。简单修理方法是：先用笔在叶片上画成约 6 个区，其他两片也相应画好。然后，以后网罩作固定基准面（或用划针盘）转动叶片，仔细地比较三叶片中各相应

点（区）对基准面的距离。边试转边用手调整叶片，使振动减到最小程度，但很难完全消除。

电机转子“动平衡”不好，此类故障多为电机轴弯曲所致。如发现轴半边磨损现象即是证据。

附件振动。网罩、摇头座或因轴承缺弹子和黄油都能产生振动而发出噪声。

第五节　怎样检查更换轴承

更换家用风扇轴承是一项比较复杂和困难的工作，需有经验和耐心。台风扇轴承有两种：

一种是电容式台风扇，采用球形轴承（即含油轴承），应用最广；另一种是罩极式台风扇，采用管形轴承。现将更换方法介绍如下：

一、怎样判断轴承是否损坏

检查轴承是否磨损，有五种方法：

1．用手捏住转子轴上下板动，检查转子在手中是否有明显的松动感。如果有明显的松动，轴承可能磨损（也可能是轴外圆磨损）。

2．拆开前后轴承盖，如发现定子线圈面上堆有漏出的脏黄油，堆在前定子线圈面上，则说明前轴承松，堆在后定子线圈面上，则说明后轴承松。

3．风扇在未通电时，用手转动风叶能够轻快地旋转，但通电后，却不能起动旋转，说明轴承磨损。

4．风扇通电后，发出“嚓嚓”声，运转时间不长，电机外壳就发烫。这是轴承磨损的一种典型表现（扫膛）。

5．有一类台扇前后轴承盖采用四只穿心长螺丝固定，如果不对称地旋紧，用手扳动转子，会有明显松动的感觉。这是一种假相。必须校正四只穿心螺丝位置，使之对称。如果转子仍有明显的松动感觉，则属于轴承磨损。轴承一旦磨损，必须及时更换。

二、旧轴承的拆卸

拆卸旧轴承时，必须注意以下几点：

1．注意轴承的型号，是球形轴承还是管形轴承。缺乏修理经验的人，会误把球型轴承当作管形轴承来拆卸。这就有可能敲坏前轴承盖处的加油嘴或后轴盖处的后油箱，或由于用力过猛而震碎，使整个扇头不能使用，造成不必要的损失。

2．有一种老式台扇，称“亚浦尔”台扇，是管形轴承，前轴承嵌装在前端盖上，中间有一只不明显的支头螺丝，用来防止前轴承松脱；后轴承嵌得更妙，在油箱内侧不明显的地方，用一只支头螺丝支撑后轴承。只有把轴承盖外壳附近的油漆刮掉，并把后油箱拆除，才能找到这二只支头螺丝，否则，是难以拆卸的。

3．有些进口台扇，其轴承和轴承盖是一起浇铸而成，无法拆卸，只有更换新组件，方能解决问题。

拆除管型轴承有两种方法。一种是用铁管垫在轴承下面，上放一根铜棍或铁棍，用铁锤渐渐敲下轴承；另一种是用螺丝攻，在轴承内圈攻牙纹，然后，渐渐拉出轴承。此法较为安全，不易损坏零件，是比较理想而又易行的方法，但费工较大。

三、新轴承的装配

1．球形轴承装配

（1）老式球形轴承装配比较简单。只要把新轴承按原样装进去，将轴承端盖内的压板垫与紧定外螺丝旋紧。然后，将转子轴塞进前轴承内，并且使转子和定子平面上下对齐即可。如果对得不齐，则出力减低，风量减小，温升增高，使用寿命缩短。如果同时在转子的前后端，垫一只很薄的纸垫圈，则能消除转轴在运转时发出的金属声。然后，合拢后轴承盖，拧紧外端盖螺丝和加注润滑油。最后，装上风叶及防护罩，便可进行试运转。如果没有问题，即可正式使用。

（2）新型轴承的装配。其装配过程与老式球型轴承基本相同。但轴承结构上有所不同，后者采用铜基粉末烧结成形。装配前需要在轻质机油内浸泡数小时，使油充分地渗透到轴承里面

(即含油轴承)，以便在使用过程中起良好的润滑作用。现在生产的电风扇，几乎都是采用此种球型含油轴承。装配时，应注意使前后端盖轴孔与含油轴承保持同心。

2．管型轴承的装配

（1）将新车制的轴承钻上油眼后（后轴承有极少数的也要钻油眼），拿一根圆的硬木棒作衬垫，用铁锤将轴承分别敲入前后轴承端盖内。装配时，如发现轴承外圆略大，可用砂纸把轴承外圆均匀地打光，然后，再敲打进去。如果外圆较小，可用冲头在轴承外圆轻轻地冲击一些均匀的毛刺，凸起的毛刺相当于增大了的轴承外圆，再敲入端盖即可配合严密。

（2）轴承装入前后端盖后，可将转轴插入轴承内试转，看其转动是否灵活。因为新轴承装入端盖后，有自然内胀现象，如果转动不灵活，可将轴承拔出，擦去转轴和轴承之间的油污，再用力把转轴插入轴承内，连续反复几次，直到转轴在轴承内自然滑动为止。

（3）最后将前后端盖合拢，并作试运转。在转动时手指用力应该均匀，不能时松时紧。如果前后端盖合拢后，转轴有卡紧现象，需用“绞手”扳动转轴，然后，参照上述操作过程进行调整，直至转轴灵活运转为止。

四、用挤压法修理含油轴承

在一般的修理中，如发现轴承磨损严重，只好换上一副新轴承。磨损的轴承能否修理呢？笔者在实践中采用了一种挤压法修理这类磨损轴承。现将这种方法介绍如下：

首先做一个金属挤压凹模，并钻一孔，孔的直径与待修理的轴承外径相同。上孔口比下孔口减少 1.2～2mm，深度比被修轴承高度减少 6mm。挤压是在台虎钳上进行的。每次挤压量不得大于 1 mm。每挤压一次要卸出一次，并用轴加以校验，使轴能进入轴承内为宜，但轴不能通过。然后，将轴承换一方向装入凹模，挤压另一头。两头都挤压完毕后即可卸下。此时，轴承孔内表面不平，需用刮刀把轴承内孔刮光。

转轴因磨损量很小,所以,在挤压修复中一般只挤压轴承即可。

含油轴承是用粉末冶金经高温高压烧结而成，本身具有一定的可塑性，有利于变形，因此，可用挤压法来修理。

装好的电动机应能很轻松地转动，即手转动一下转轴，电动机转子应能自由地转动数圈。

第六节　吊扇的使用与维修

吊扇应用很广泛，近年来900mm吊扇已进入家庭，自然,也应介绍一下使用和维修的方法。

一、使用吊扇应注意的事项

1．新购吊扇要参照说明书，了解吊扇的基本结构和使用方法。

2．对照说明书，检查零部件是否完整齐全，铭牌规定的电压、频率与当地使用电压、频是否相符。

3．对照说明书，连接装配各个零部件。如吊杆、吊攀、吊钩、扇头、风叶之间的螺钉必须上紧。

4．扇叶受碰撞和挤压容易产生变形，引起角度不均而产生振动和噪声，因此，在安装和使用时切忌碰撞和挤压扇叶。

5．使用中，若闻到焦味或发现异常现象，应迅速切断电源，立即进行检查。

6．要经常保持油孔、油槽内的畅通，并保持适量的润滑油。

7．吊扇使用过程中，注意扇头的整洁，不要在尘土飞扬和过分潮湿的环境中使用。

8．每次使用完毕后，要切断电源，忌用拉线开关(以防拉线开关失灵后，长期通电烧毁线圈)。

9．吊扇使用期结束，要将扇叶擦干净，加油、包装、储存在通风干燥的地方。长期不用时，除了将扇叶拆下外，还要将接线脱开，以防通电而烧坏电源。

二、吊扇简易维修方法

1．吊扇运转时发现速度减慢时，应切断电源，进行检查。若

发现电容器接错或击穿，可重新焊接或调换电容器。若线圈之间短路或局部烧毁，必须重新缠绕新线圈。

2．吊扇运转时产生噪声和振动，有两种可能原因：一种是叶片损坏或变形，破坏了叶片间角度的平衡，应拆下来检验修复。另一种是叶脚螺钉与弹簧垫圈间没有旋紧。这种故障只要旋紧螺钉即可排除。

3．吊扇起动性能不好。其原因可能是长期使用，转轴磨损吊扇大多采用滚珠轴承，磨损或松动后，应调换新轴承。

4．有的吊扇配有调速开关，容易产生故障，调速失灵。应检查开关焊接情况，查看电抗器抽头有否断裂或短路。发现上述问题，应及时修复后方可使用。

5．如果电抗器调速开关有杂音，主要是电抗器中矽钢片松动造成，应重新夹紧两端的对称长螺钉。此外，吊杆间橡皮圈可能会损坏、老化，也会造成振动和噪声，应及时更换橡皮圈。

6．吊扇不运转的原因很多，如线圈烧坏，短路、熔丝烧坏、开关接触不良，电源电压过低等，必须一一查明，对“症”修理。

7．吊扇使用一段时间后，应定期对吊钩、吊攀、吊杆上的螺钉进行检查，查看其是否紧固，以防松动和发生危险。

三、电容器故障的简易判断法

当前电容器的使用范围越来越广泛，往往由于电容器损坏而造成电动机起动困难或出力不足等故障。现介绍一种万用表检测电容器故障的方法。

其原理是根据电容器接入直流电源的充电过程来进行检测。万用表是作为直流电源和电流表而起作用的。具体方法是，将万用表置于R×1K或R×10K档，并事先将电容器两端短路放电，然后，用黑、红两支表笔分别与电容器两端同时接触，万用表指针将出现如下几种变化：

1．指针指向零位，则表示电容器内部短路。

2．指针摆动后，又渐渐返回万用表无穷大（∞）处。再将两支表笔对换，再与电容器两端接触，指针偏转较前约大一倍，

又返回无穷大处。即表示电容器质量完好。

3．指针摆动后，不能返回无穷大处，而停留在某一刻度时，则表明电容器漏电。表针指示的电阻值就是该电容器的漏电阻值。停留位置距无穷大越远，则漏电度越严重。

四、定时器小修理二则

1．用户希望定时器能符合面板指示刻度，即没有或尽量减少误差。现在生产的机械定时器，虽然质量不断提高，但还有一定的误差范围。有的由于组装质量问题，误差就更大。定时器摆轮上端，在夹板上装有一个三面皆空的伸长臂上。改变长臂上的轴孔位置，即用螺丝刀推向棘轮方向，可使摆轮增幅，延长紧松时间，走时就会相应增加。反之，走时就能缩短。但应注意，每次改动长臂位置的量要小、逐步调整，以防长臂折断。

2．机械式定时器广泛应用于家用电器。在修理400mm电扇中发现有一部分定时器使用不久就会失灵停走。打开定时器后盖，可看到中心轴端部铆接着一块带一缺口灵活易动的圆片，它起着迅速断开电源的作用，称为控制板。一般来说，控制板的外圆应与控制臂齐平或高出控制臂。但是，有一部分定时器结构不是这样，而是一个台阶，使电极接触臂在定时器运转时顶住控制板，造成弹簧扭力传不到齿轮上而使之停走。一般经使用多次后，弹性减小，机件阻力增加或总装时底座不平等，就会发生这种故障。排除的方法是，用什锦锉刀把控制臂锉短些就可以了。

第七节　电风扇漏电的排除及安全用电

一、电风扇漏电是怎么回事？发现漏电后如何排除？

大家知道，电扇在正常工作状态下，它的导电部分即定子绕组、调速线圈及调速开关等。部位都有相应的绝缘装置，以保证导电部分的绝缘。如果绝缘脱落或损坏，导电部分直接接触金属外壳带电（漏电），当人体接触外壳带电部分、就有电流流过人体。为了防止触电事故，电扇大都设有绝缘装置，并设有保护接地装置，也就是金属外壳通过接地线鼻与大地可靠连接。如果导

体的绝缘损坏，导电部分直接碰及外壳，由于电扇接地电阻很小（一般不大于0.2Ω），当人体与外壳接触时，则外壳与大地之间形成两条并联支路，接地电阻越小，则通过的电流越大，通过人体的电流就越小，可以防止触电事故。一般来说，在电扇制造厂，电扇总装完毕后，要经过一系列严格的出厂试验。（定期还要做型式试验），其中很重要的一项就是耐压试验。电压是指电路中两点间的电位差。耐压试验就是在定子绕组和金属外壳之间施加1500V电压，并持续一分钟。如果定子绝缘性能良好，它和接地之间就能安全承受1500V电压而不击穿。如果导电部分的绝缘脱落或损坏，导电部分直接和加外壳接触、绕组和外壳之间已不存在电位差，电压表指针迅速下降为零，耐压机出现对地击穿信号。这表明此项目不合格，需要找出击穿部位，维修后，重新进行检验。笔者检验一台落地扇发现击穿是由于电抗器与调速开关接头处的绝缘套管脱落，焊点的毛刺直接碰上盖板而对地击穿。对地击穿对于电扇制造厂来讲，大都是由于装配不细心造成的。因此，在生产中必须精心细做，一丝不苟、确保产品质量。一些业余爱好者自己动手安装电扇，往往忽略了接地问题，只用两芯插头，不注意焊点外加牢固的绝缘套管。指示灯座不加绝缘垫，接地端有杂质等等，这些都可能造成漏电事故。

原因及排除方法见下表。

可能原因	处理方法
（1）绝缘脱落	把绝缘套管或绝缘垫圈牢固装上
（2）接地线鼻脱落，有可能与导电部分相接触	把接地线鼻牢固装上
（3）接地端有漆或其它杂质，接地性能不良	用小锉刀清理杂质后，再装上接地线鼻
（4）电扇不慎进水，造成绕组受潮，绝缘强度降低	把扇头的后罩壳及其它受潮部位打开，置于阳光下曝晒后，再装好带上风叶通电运转数小时。如果绕组受潮严重，则需拿到烘箱去烘干
（5）插上电源，不按开关，就漏电	把插头的火线和零线调换一下位置

二、发生触电事故的原因及预防措施

1. 发生触电事故的原因

（1）电气设备安装不合格，损坏后，维修不及时；

（2）电气设备受潮或绝缘受到损坏。不按规范操作或使用电气设备；

（3）电气线路布线不合理，绝缘处理不严格；

（4）工作中注意安全不够，带电处理故障不用电工工具。

2. 预防

为了防止触电事故发生，必须采取措施：

（1）使用各种电气设备设施时，应严格遵守使用规程。

（2）生产现场应使用12-36V 安全电压。使用交流电或36V以上电压的场所和电气产品时，先做绝缘和安全用电措施的检查。

（3）正确安装电气设备，加装保护接地装置。带电的部分应有防护罩或者放在不易接触之处或采用联锁装置。

（4）尽量不带电处置故障，必须带电工作时，应采用各种安全电工工具进行操作，如绝缘手套、绝缘鞋、绝缘棒、绝缘钳和必要的仪器仪表等。

（5）在易受潮或露天使用场合，可加装漏电保护开关。

（6）各种用电器、设备、设施应定期检查。如发现漏电和其他故障时，应及时修理。

（7）加强安全用电常识的宣传教育工作。

第八节　常见故障分析及处理方法

为节约篇幅起见，一些基本原理及简单的拆装，本章不再多述。请参见第三、四、五章内容。具体故障原因及处理方法归纳于表6-2中供读者查阅。

表6-2　电风扇常见故障分析及处理方法

故障现象	故障因素	处理方法
一、通电后扇叶不转动	1. 接好电源，电机无嗡嗡声	
	（1）电源线或电源插头、插座有断线	（1）检查电源线接好断头或换线
	（2）开关式定时器或调速器导电接触片接触不良	（2）打开其罩盖，调整接触片角度，使其接触良好
	（3）电器元件连线脱落	（3）找出正确接点，重新焊好
	2. 接好电源，电机有嗡嗡声	
	（1）定时器位于“0”位	（1）旋转定时器至运行位置
	（2）转子轴与轴承配合过紧或不同心	（2）配合过紧，加润滑油不行时，应调换轴承，也可以扩孔。不同心的，可重新组装轴承部分，使自准轴承起作用
	（3）轴承损坏或单边磨损过大，导致转子、定子相碰	（3）损坏要更新，单边磨损大可更换，也可前后对调，也可更换位置
	（4）电容器断路、短路或老化	（4）用万用表测量，如是坏的就更换
	（5）定、转子的气隙间有异物造成堵转	（5）清除异物，并调整气隙
	（6）罩极短路环开路	（6）找出故障点，焊牢
	（7）定子绕组断线	（7）找出断头，焊好，并做绝缘处理，无法焊接时，更换新绕组
	（8）电抗器线圈断线	（8）同上

(续)

故障现象	故障因素	处理方法
二、通电后扇叶时转、时停	（1）电源插头接触不良	（1）修复插头或插座，使其接触良好
	（2）引出线焊接不良	（2）焊牢虚接点
	（3）开关、定时器、调速器触点接触不良	（3）修复或更换
	（4）主、付绕组断线或碰线	（4）修复断线处，并做绝缘处理或换定子绕组
	（5）电抗器线圈断线	（5）焊好断线点，并做绝缘处理，或更换线圈
	（6）电容器接触不良	（6）修焊接点
	（7）摇头机构配合过紧	（7）调整修理、加强润滑
	（8）罩极短路环有断接	（8）找出故障点、焊牢
三、通电后扇叶旋转速度慢	（1）磁桥插接不实	（1）略调磁桥弧度使之接牢
	（2）电容器容量明显减小	（2）更换新电容器或并联入容量一定的电容器
	（3）转子导条断开	（3）更换新转子
	（4）电机绕组匝间短路	（4）如能找到故障点，可重新做绝缘处理或更换新绕组
	（5）部分绕组接头反向	（5）更正反向接头
	（6）电机绕组匝数过多，或线径细	（6）核实数据，提出多余匝数或重绕
	（7）电抗器匝数过多	（7）同上
	（8）风叶太重或扭角过大；轴承缺油；吊扇转子下沉或平面轴承损坏	（8）调换风叶，纠正扭角；加润滑油，更换平轴承
	（9）电压低	（9）调整电压

（续）

故障现象	故障因素	处理方法
四、通电后整机发生抖动	（1）风叶变形，叶片角度不对称	（1）重新较正风叶角度和平衡
	（2）350mm以上转子不平衡（转子轴弯曲）	（2）调转子静平衡
	（3）风叶轴套与转子轴配合尺寸超差	（3）更换新的风叶轴套
	（4）风叶轴套上的紧固螺钉松动	（4）重新紧固螺钉
	（5）转子轴弯曲	（5）调直转子轴
	（6）轴承孔磨损	（6）更换新轴承或径向作90°移位
	（7）底座不稳	（7）调平底座或加大配重
五、电机温升过高	（1）电源电压严重下降	（1）提高电压值
	（2）电源电压过高	（2）调整电源电压至合理为止
	（3）三相电源电压不平衡	（3）同上
	（4）三相风扇二相运行	（4）修复断路的相或绕组
	（5）电动机冷却风道堵塞	（5）清理风道堵塞物
	（6）摇头机构卡住	（6）调整配合公差、加润滑油
	（7）风叶扭角过大，负载增大	（7）重新调整风叶角度与平衡
	（8）电动机转子断条	（8）修复或更换
	（9）轴承磨损	（9）更换新轴承并调整气隙
	（10）轴与轴承之间配合过紧	（10）加润滑油，扩大轴承孔（绞孔；张挤扩孔）
	（11）电机部分绕组接反	（11）纠正绕组接线头
	（12）电机绕组有短路	（12）更换绕组
	（13）轴承润滑油老化或缺油	（13）清洗后更换润滑油

（续）

故障现象	故障因素	处理方法
六、风扇运行中有杂音（磁噪或机噪）	（1）风叶平衡不良	（1）调整风叶静、动平衡
	（2）风叶螺丝松动	（2）把顶丝旋至轴平槽并紧固
	（3）气隙中有杂物	（3）清除杂物并调整气隙
	（4）轴承松动或磨损或缺润滑油	（4）调整夹紧轴承或更换，加润滑油
	（5）轴向串移量过大	（5）在转子轴前后加垫圈调整
	（6）调速绕组铁片松动	（6）拧紧加持螺丝
	（7）罩极圈和磁桥松动	（7）重新焊接罩极圈
	（8）紧固件松动或变形	（8）修复或更换紧固件
	（9）摇头机构松脱	（9）修复或更换元件
七、电动机外壳烫手，但仍可运行	（1）定子绕组短路	（1）有短路的极、温度较高，断电后用手摸可寻出。或拆机检查，将短路的绕组换掉
	（2）定子绕组接地	（2）用检查灯或万用表一端与外壳相接、另一端和绕组相接，灯亮或表针移动，表示接地，应换绕组
	（3）轴承损坏	（3）牵动主轴有明显的轴向移动，晃动主轴，有明显间隙，应更换。如牵动或晃动时，轴承是整体移动可加垫固定
	（4）润滑不良	（4）适量加油润滑
八、电动机运转时有啸叫声、转速下降或停止不转	（1）三相电动机单相运行	（1）检修线路或更换绕组
	（2）电容器线圈断线	（2）重新或重绕线圈
	（3）电容器损坏	（3）更换电容器
	（4）传动部分有卡阻	（4）清除异物；调整装配
	（5）电压低或电源中断	（5）调整电压或修复电源

（续）

故障现象	故障因素	处理方法
九、电动机通电后打火	（1）定子主绕组和起动绕组之间绝缘击穿	（1）重新下线浸漆
	（2）线圈受潮老化	（2）风干后重新浸漆
	（3）定子线圈端部与机体太近或接触	（3）断电调整打火部位或做绝缘处理（包绝缘、涂清漆烘干
	（4）定子中主绕组，部分短路	（4）查出短路匝数，并将该处分开垫上绝缘物后涂清漆烘干
十、通电后底座内打火	（1）电抗器线圈绝缘破坏造成短路	（1）重新绕制线圈浸漆烘干
	（2）琴键开关绝缘板击穿	（2）更换琴键开关（或换绝缘板）
	（3）琴键开关自锁失灵，造成电抗器或电动机一相烧坏	（3）重新更换琴键开关（重新组装即可）；修整电抗器和电动机绕组
	（4）开关式控制器触点接触不良及接线脱落且接地	（4）调整触点，使其接触良好；排除接地现象并加强绝缘
十一、慢档速度太快	（1）电源电压过高	（1）调整电压至用电器额定值
	（2）电动机绕组匝数过少	（2）查对数据；加绕或重新绕组
	（3）电抗器匝数过少	（3）同上
	（4）电抗器铁芯片数不够	（4）查对数据加片
十二、运转或起动时冒火	（1）电动机线路短路烧毁	（1）更换绕组
	（2）电动机绕组导线绝缘损坏或碰线	（2）加强绝缘或更换绕组
	（3）电机线组碰外壳	（3）加垫绝缘或更换绕组
	（4）电动机主、副绕组间绝缘损坏	（4）同上

（续）

故障现象	故障因素	处理方法
十三、外壳带电	（1）电动机绕组损坏	（1）更换新绕组
	（2）电动机绕组绝缘老化	（2）更换绕组或重新浸漆
	（3）电抗器与地击穿	（3）更换电抗器
	（4）各元器件连接线绝缘损坏并碰壳	（4）寻找故障点加强绝缘
	（5）电源线绝缘破裂或与外壳接触	（5）更换电源线重新接好
十四、指示灯不亮	（1）指示灯松动或损坏	（1）旋紧或更换指示灯
	（2）灯头、灯座接触不良	（2）修复或更换
	（3）指示灯的电阻线断线	（3）重新焊接或更换电阻
	（4）灯座与电抗器引线接头松脱	（4）重新焊接好
	（5）指示灯因感应线圈断线或短路	（5）更新电动机绕组线圈
	（6）无接地线或接地不良	（6）重新装好接地线
十五、调速失灵	（1）电动机调速绕组或电抗器线圈短路	（1）更换电动机调速绕组或电抗器线圈、排除短路点
	（2）调速开关接触不良	（2）修复或更换
	（3）电源引线与开关脱焊	（3）重新焊好
十六、电容式电动机有时倒转	（1）电容器损坏	（1）更换电容器
	（2）起动绕组开路	（2）接好或修换
十七、调速开关被同时卡住	（1）琴键开关自锁片脱落	（1）重新装配自锁片
	（2）键钮损坏	（2）更换键钮
	（3）面板变形	（3）调平变形处
十八、按钮脱落	（1）脱胶	（1）用万能胶粘合
	（2）磨损、破裂	（2）加垫片或更换

（续）

故障现象	故障因素	处理方法
十九、定时器不定时或不复位或走时不准	（1）传动齿轮损坏	（1）修复或更换
	（2）发条断或松脱	（2）更换或重新装配
	（3）主轴磨损，组装尺寸超差	（3）调换轴承或转子轴，修正误差
	（4）缺润滑油	（4）加适量表油
	（5）触头损坏	（5）修复或更换
	（6）旋钮与面板或旋钮孔磨损、接触、顶丝脱落	（6）调整间隙、扩孔重新紧固
	（7）接线脱焊	（7）重新焊好
二十、摇头台扇时摇时停	（1）摇头机构单边磨损	（1）更换零件
	（2）摇头机构传动失灵	（2）擦洗修整传动机构
	（3）蜗轮轴孔磨损	（3）更换轴套或蜗轮
	（4）传动齿轮或蜗轮掉齿	（4）更换齿轮或蜗轮
二十一、摇头失灵（不摇）	（1）摇头钢丝软轴位置不正或损坏	（1）调整位置、更换新软轴
	（2）钢丝软轴接头松脱、套管松脱	（2）重新接牢、套牢、紧固好或调直钢丝
	（3）齿轮损坏、打牙、不能传动	（3）更换齿轮
	（4）摇头转动部分不灵活	（4）调整、擦洗、加油
	（5）缺少偏心轮垫圈	（5）加装垫圈
	（6）离合器失灵或损坏，或不到位	（6）修复更换离合器或弹簧、重新装配
	（7）齿箱杠杆松脱	（7）较正位置，重新装好
	（8）离合器弹簧（片）断裂或无力	（8）更换弹簧（片）
	（9）过载保护钢珠开脱	（9）重新安装

（续）

故障现象	故障因素	处理方法
二十一、摇头失灵（不摇）	（10）连杆变形、开口销脱落	（10）调整连杆、重配开口销
	（11）倾斜运转时，角度盘打滑	（11）使角度盘的红线对准松紧螺钉拧紧
	（12）角度盘的钢珠脱落、弹簧串入卡死角度盘	（12）重新装配
	（13）钢珠在连接头内锁卡住角度盘	（13）取出滚珠、调整装配
二十二、揿拔式摇头，揿下时扇头不摇	（1）齿轮磨损、不能转动	（1）修换新齿轮
	（2）连杆损坏	（2）修理或更换连杆
	（3）揿钮损坏	（3）修复或更换揿钮
二十三、顶扇摇头失灵	（1）蜗轮磨损太大	（1）更换蜗轮
	（2）摇头圈销轴脱落	（2）重新装好
	（3）环形支柱销轴损坏	（3）修复或更换
	（4）摇头轴与连杆脱接	（4）重新装配好
	（5）球形支点中心偏位	（5）重新装配好
	（6）摇头机构卡住	（6）擦洗、调整、加油
二十四、摇头失灵（摇头不止）	（1）摇头控制钮未回到“0”位	（1）调整到“0”位旋紧顶丝
	（2）钢丝软轴头未焊牢	（2）修理后重新组装
	（3）齿轮箱盖将上离合器卡住、不能上升	（3）重新组装
	（4）软轴钢丝过长	（4）重新调整长度后铆死，即可使用
	（5）软轴钢丝头大	（5）切断长的部分、重新焊好
	（6）上离合器弹簧弹力过大	（6）烘烧减弱弹力或更换

（续）

故障现象	故障因素	处理方法
二十五、摇头时，在一定的位置有停顿	（1）变速箱齿轮各配合间隙超差	（1）更换新齿轮
	（2）角度盘弹簧弹力小	（2）拧紧弹簧顶丝或更换弹簧
	（3）过负载保护装置弹簧片弹力下降	（3）更换新簧片
	（4）齿轮有椭圆度、造成单边磨损	（4）更换新齿轮
二十六、扇头不能定位	（1）连接头与立柱间配合超差	（1）加垫圈
	（2）紧固螺钉没旋紧或脱扣	（2）拧紧紧固螺钉或更换
	（3）金属螺杆和尼龙旋钖松脱	（3）更换紧固螺钉或用硅胶粘合
二十七、落地扇升降动杆不能定位	（1）动杆过细	（1）换粗杆或在空隙中加垫
	（2）紧固旋把脱扣	（2）重新换新旋把
	（3）护圈脱落	（3）重装护圈
二十八、扇头运行中点头	（1）立轴铆接松脱	（1）重新铆接
	（2）立轴铸接处松脱	（2）重新进行铝焊或用 502 胶水粘合
	（3）立轴孔径过大	（3）更换立轴轴承
二十九、电扇运行中移动位置或倾倒	（1）底座不平	（1）调整底座
	（2）整机抖动严重	（2）参见故障四的处理方法
	（3）扇头和底座之间配重不合理	（3）调配重
三十、电风扇外壳或网罩麻电	（1）电动机绝缘老化	（1）浸漆处理
	（2）导线绝缘老化、有裂纹	（2）换线、或加强绝缘
	（3）绕组烧毁或绕组感应所致	（3）换绕组或加强绝缘

（续）

故障现象	故障因素	处理方法
三十一、电容器造成的运行不正常	（1）电容器损坏	（1）更换同规格电容器
	（2）起动绕组断路	（2）重新接线加强绝缘措施
	（3）绕组方向接反	（3）调整后重新接好
	（4）主、副绕组接头错位	（4）接头处互换位置
	（5）主、副绕组到电容器的连线接反	（5）互换接头
三十二、直流电机风扇反转	（1）电源线头接反 （2）电机线头接反	（1）（2）调换位置重接即可

第七章　电风扇发展趋势

用于工业生产及大型场所的通风机械历史悠久。大、中型电风扇就是通风机的变种。它传入我国已有近百年历史。但功率小、低噪音、体积小、重量轻的电风扇生产只有六十多年的时光。我国长江以南，由于夏季高温天气较长，电风应用也较为广泛，所以，电风扇技术发展较快。电风扇作为家用电器在我国北方畅销，是在七十年代后，特别是近几年来有较快的发展。

作为一种中、高档消费品，电风扇不但可消暑降温、通风换气，还可装饰室内环境。款式、造形美观的高档电风扇，同艺术品一样，具有欣赏价值，深受消费者的喜爱。

近几年来，电风扇制造业，在国内、国外都发展很快。我国目前就有大约三百五十多个厂家，主要厂家有上海市华生电风扇厂、广州远东风扇厂、沈阳电扇厂、苏州电扇厂、杭州电扇厂、南京长江机械制造厂、桂林电机厂、江苏启东风扇厂及天津市台扇厂和北京市电扇厂等。都有较高的设计和生产能力。

国产电风扇素以省电节能、坚固耐用而著称。近几年来，在电机质量，风叶设计、外观造型、表面色调及工艺水平等方面，各厂均推陈出新，各有特色。不但国内销售量大幅度上升，不少厂家，如广东江门厂、沈阳排风扇厂、广州远东风扇厂、辽宁、苏州等风扇厂的电风扇还大量出口，并在香港占有一定市场。又因海关税率低于国外同类产品，港澳同胞喜欢购置国产电扇使用或作为赠送亲友的礼品。

国外，电风扇的销售量也相当可观。工业生产国和生活水平较高的国家深受世界性能源危机的影响，一般生活水平的家庭普遍使用价格低的电风扇或换气扇，代替昂贵的空调器，以降低耗电量和节约大量开支。其调温换气效果尤受老年和体弱的人所欢

迎。避免他们受使用空调器所造成的室内外温差过大所至的不舒适感觉和封闭降温，基本隔绝了自然风所导致的缺氧之苦。所以现在流行空调和风扇间歇使用或用冷风扇及换气扇调节室温，使人们感到凉爽舒适。

我国市场销售少量进口产品，其中有荷兰的“飞利浦牌”、美国的“通用牌”、德国的“德律风根牌”、西德的“琳玳牌”、日本的“东芝牌”、“乐声牌”、“三菱牌”、“三洋牌”和“日立牌”等。这些产品的主要特点是款式新颖、色彩柔美、工艺考究、重量轻、体积小、风量大、运转平稳、噪音极小、加工精细且故障少。

随着工业技术的不断发展和人民生活水平的不断提高，消费者必然提出新要求。

今后，增加风扇功能，完善使用性能，款式新颖，工艺考究，简化人工操作，趋向智化，这是总的技术要求。高、大、豪华、特殊、多用途、选择性强、名牌产品，这是销售市场的要求。与其他家用电器配套是家庭电气化最基本的要求。

目前国际市场电风扇发展的新动向为：

一、多功能电风扇

国外风行一时的多功能电扇有喷香扇、幻光扇、吊灯扇、台灯、收音机、钟控三用扇、音乐扇、喷雾扇、微风扇以及单扇等。

多功能风扇的操作要智能化，如果用接触式开关，遥控式操作，睡眠自动（感温器控制）开关，微机控制等，使操作简便化。

增加风扇的装饰性，使电风扇在解暑纳凉的同时，还能成为重要的装饰品。据不完全统计，日本九个厂家（三洋电机、夏普、新日本电气、通用、东京芝浦电气、日立制作所、掘江电机、松下电器产业、三菱电机）公司，他们所生产的电扇风叶就有深绿、淡绿、紫红、粉红、淡红、红色、米黄、杏黄、黄色、玫瑰色、深蓝、浅蓝、紫色、淡紫、棕色、黑色、银色、日纹色等近二十余种颜色。还有一种风叶是蓝白相间的颜色，给人一种舒适凉爽的感觉。不同的颜色又可以用以调节房间的色彩和气氛。风扇装饰面板、商标和嵌条等多采用油墨印刷，不但成本低、产量高、

色彩还丰富，一般可套三色到五色，最多可用七色套印，大大提高了电扇的装饰性。

二、对电风扇送风量和风形的要求

目前，国际市场流行的冷风扇有两种：一种是箱式冷风扇，即上部为风扇，下部为冷气压缩机。另一种是将冷气压缩机装在台扇电动机的后，使电扇送出冷风。

我国武汉二轻研究所试制的LFS-Ⅰ型冷风扇，采用圆盘水帘转动式、轴流式送风的结构，以水帘代替冷气压缩机，其结构如图7-1所示，大大降低了成本，减轻了重量，简化了结构。

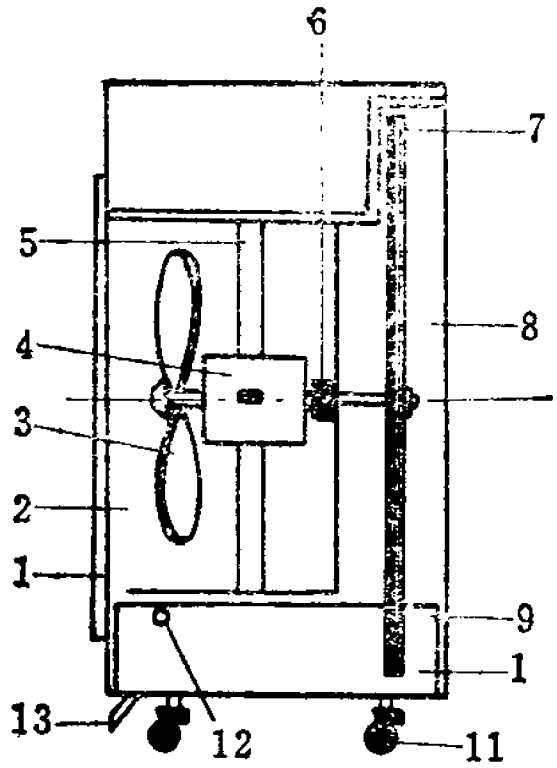


图7-1　LFS-Ⅰ型冷风扇结构
1—进风口；2—风道；3—风叶；4—电动机；5—电动机支撑；6—减速器；7—旋转水帘；8—出风口；9—水箱；10—水；11—走轮；12—进水口；13—排水口。

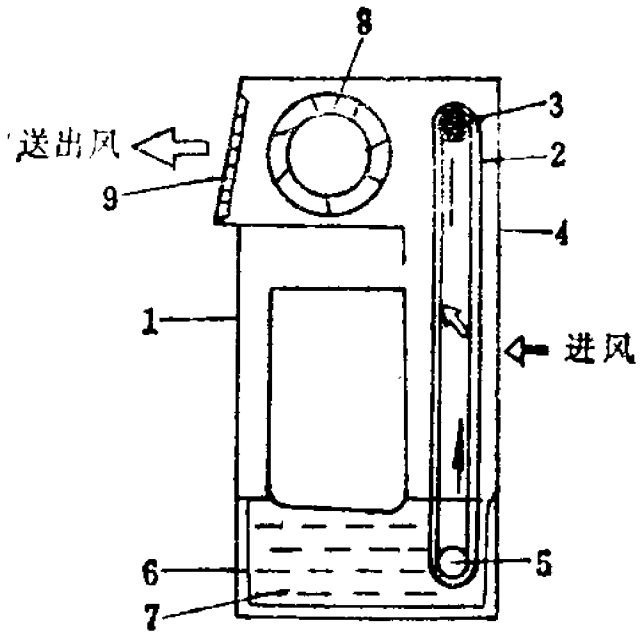


图7-2　环流式冷风扇结构示意图
1—机壳；2—水帘；3—上部辊子；4—后网栅；5—下部辊；6—水箱；7—水；8—风叶；9—前网栅。

该机经测试，环境温度为36℃、相对湿度60%时送风，低于环境温度5℃，风量20m^3/min(米^3/分)，且凉爽清新。气温越高，空气越干燥，其温效果越佳。10小时耗电0.6kwh(度)、噪音低(小于62dB)。

如图7-2所示，这种环流式冷风扇，由于采用环流式，风流运动较为复杂，压力损失大，因此，风量、风速都较小，整机体积

较大。

图7-3所示为近年来改进后的薄型轴流 式冷 风扇，其叶片穴成喇叭口状，在风路上增设加速翼，并设旋转格栅，用以改变排风方向，增大送风范围，且整机体积小。在机壳最底部设有水箱，后面设有带式过滤器。带式过滤器由电动机驱动上部辊带动动作，沿箭头所示方向移动，经过水箱时和水进行热交换、并保持过滤器有足够湿度。为防止过滤器在轴向风力作用下和风叶相触，故在两者间设一隔离保护装置，以免过滤器被风叶击坏或造成其他故障。

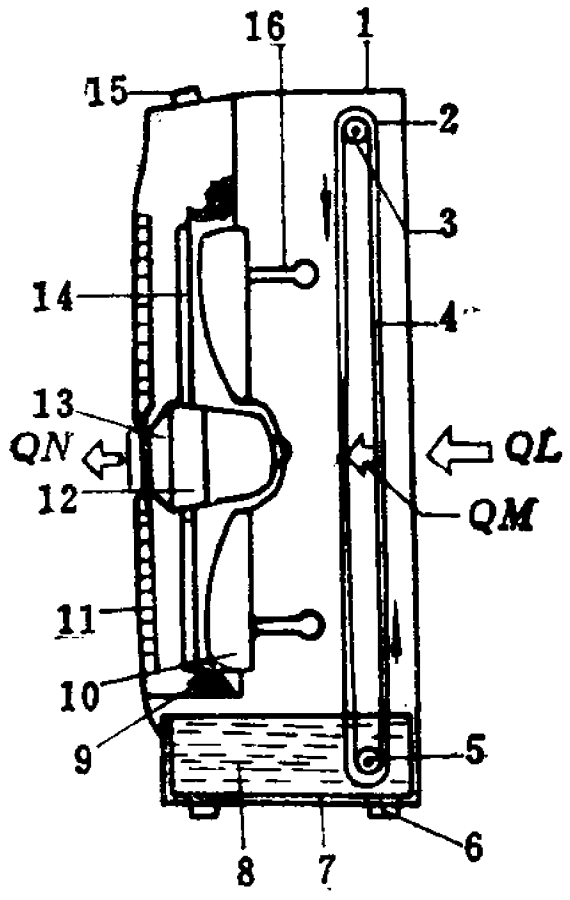


图7-3　薄型轴流式冷风扇结构

1—机壳；2—上部辊子；3—电动机；4—带式 滤风器；5—下部辊子；6—脚垫；7—水箱；8—水；9—喇叭口；10—扇叶；11—回转 格 栅；12—轴流风扇；13—风扇电机；14—加速翼；15—开 关；16—带式过滤器保护装置。

该机工作时，环境气体由机壳背向吸入经带式过滤器时，水份吸热而蒸发带走一部分吸入气体 QL 的热量，而形成 相对环境温度的冷气体QM。在旋转风叶、加速翼的作用下，经格 栅向外排出冷风QN，此时冷风由于加速翼和 喇叭口的作用，而使风量、

风速有所增加，再经旋转格栅扩大排风面积，故比百叶窗式，环流式等冷风扇又进一步。现对新、老式冷风扇的几项主要技术指标进行比较，见表7-1。

表7-1　新式与老式冷风扇的比较

式　　样	老　　式	新　　式
风量，m^3/min	4	8
风速，（m/s）机前1m处	2.5	3
噪音，dB	47	47
外壳，高×宽×厚，mm	645×464×325	600×400×220

最近，日本三菱公司制成一种“冷芯冷气扇”。冷芯是一支圆塑料柱，其表面附有轴向的铝质翅片作成的风流道，将其放入冰箱内冷冻3小时至4小时后，取出并放入冷气扇壳内，置于风扇前。这样，工作时使环境空气在风叶作用下，经冷芯的翅片风流道降温后送出冷气。其冷芯可以从扇体上部开盖处取出。

冷芯冷气扇结构如图7-4所示。

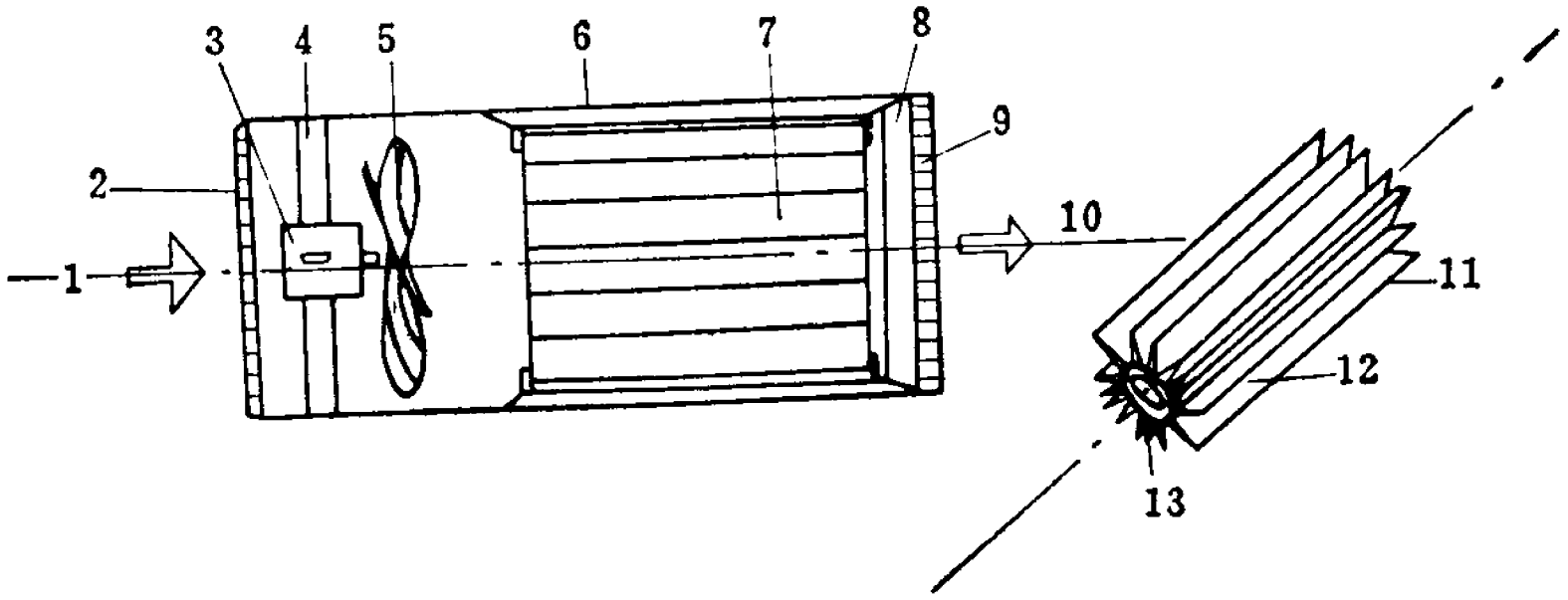


图7-4　冷芯冷气扇结构（日本产）

1—环境空气；2—后网栅；3—电动机；4—电动机支 撑；5—风叶；6—冷芯室上盖；7—冷芯；8—喇叭口；9—前网栅；10—冷风；11—翅片；12—风流道；13—塑料冷芯。

家用换气扇，在国外发展很快，颇为盛行。如1982年，日本电风扇产量为570万台，而换气扇产量为739万台。目前，日本电风扇已进入饱和期，而换气扇仍处于大发展阶段，并以内销为主。

据统计，世界年产量较高的十一种家用电器产品，换气扇是其中之一。吉隆坡、曼谷、雅加达销售数量较大的市场调查证明，换气扇列为“稳定销售商品”。近几年，港澳市场也很流行，一般家庭的厨房、卫生间、浴室、卧室、会议室均装用日本产品，其中以乐声、东芝、三菱、KDK牌子，很受欢迎。1975年，我国“钻石牌”家用排气扇，打入国际市场，向港澳、东南亚、中东、非洲和美国出口，年出口量约5万台，声誉很好，仅次于日本“乐声牌”。根据日本换气扇发展的规律推测，到1990年，我国换气扇的需要量，有可能达到1千万台。由此可见，家用换气扇在我国有着广阔的发展前景。

家用换气扇使用的场所更为广泛。种类很多。目前有40余种。

按用途，可分为室内用换气扇，如卧室、会议室、客厅、厨房、浴室等中小型房间用的换气扇。

按换气方式可分为单向换气式（排气）和双向换气式（可排气也可进气）。

按结构可分为开敞式和遮隔式。

按叶轮形式可分为离心式、轴流式、横流式。此外，还有能在较强及反压力下工作的强力型换气扇；装有电热元件的空调换气扇等。

下面介绍几种典型产品。豪华型双向换气扇见图7-5。

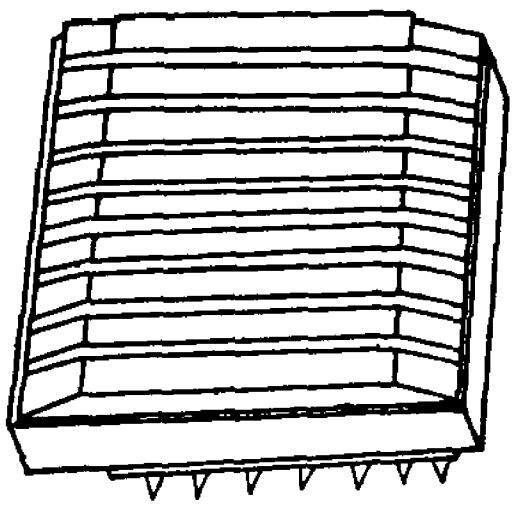


图7-5　豪华型双向换气扇外形图

豪华型换气扇，前面设有图案式护罩，既安全，又起装饰作用，适于会议室、客厅等场所。安装高度可任选。也有的换气扇，在护罩内装有可过滤灰尘、油烟的过滤网片，适于邻近有污染源

的环境使用。百叶窗的张开方式，有风压式和机械联动式两种。风压式用于只有排气功能的单向型换气扇（排气扇），不运行时，窗叶因自重下落，遮风口；风叶转动后，气流吹动百叶窗叶张开，向室外排气。这种结构简单、成本稍低。双向换气扇和部分排气扇采用机械联动式，扇内装一个与窗叶联动的电源开关。电源接通时，百叶窗张开。双向换气扇的操作开关有三档，即吸气、排气和停机。

抽油烟机，如图7-6所示。这是为厨房设计的烟罩式抽油烟机，可置于炉灶上方较高一些的地方。其下部接有可伸缩的软风管。使用时将软管拉近于炉灶，抽油烟机运转时便将油烟排出室外。软风管和风扇内有吸附油烟蒸气的活性炭，可减少排出气体对于外界的污染。

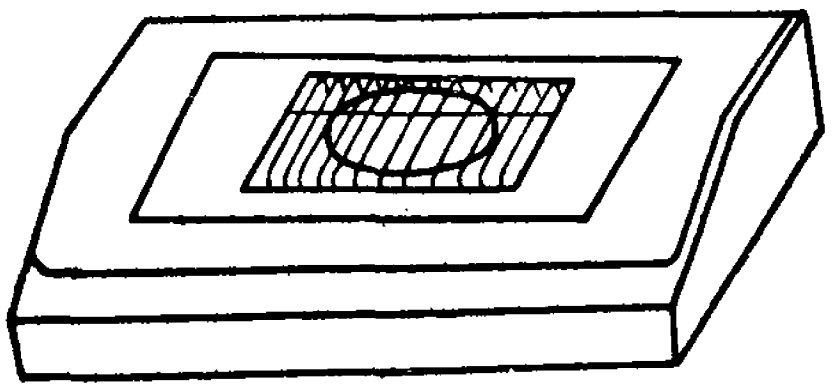


图7-6　排油烟风扇外型图（日本产）

交换式换气扇如图7-7所示。这是一种专为有空气调节和取暖的房间设计的，内装有两台离心式风机，分别吸入气流和排出气流，通过塑料热交换器进行热交换和湿交换。夏天，室温为25℃时，它可以把从室外吸入的新鲜空气，从35℃冷却到27℃上下；在冬天，室内温度为20℃的时，它可以把室外0℃的冷空气加热到15℃上下后送入室内。其热交换效率达60～80%，使空调式取暖的能耗大大降低，故又称为“节能型换气扇”。

双面壁装换气扇如图7-8所示。这种双面壁装换气扇适用于大型建筑物深处的两房之间的隔断墙上，适合60～130mm厚的墙上装用。

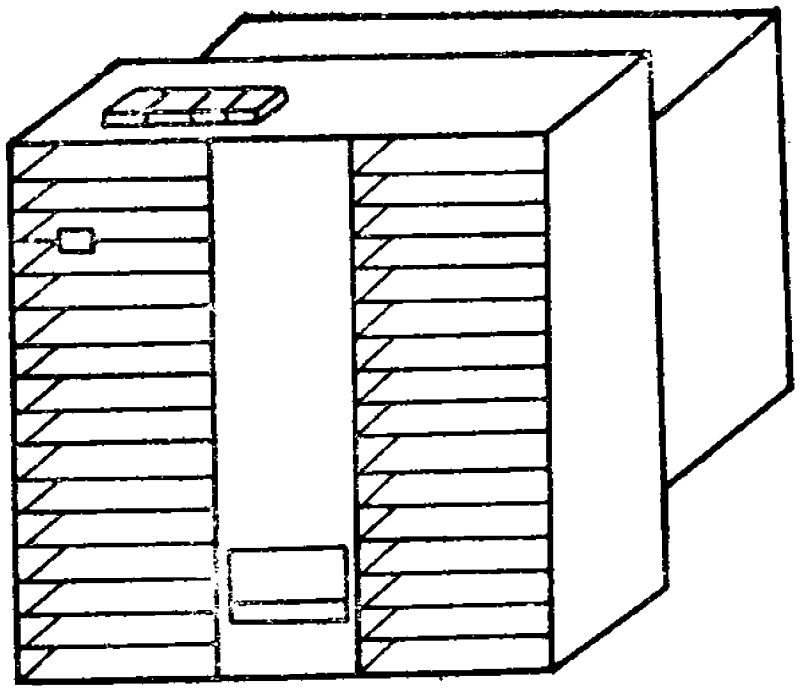


图7-7　交换式换气扇外型图（日本产）

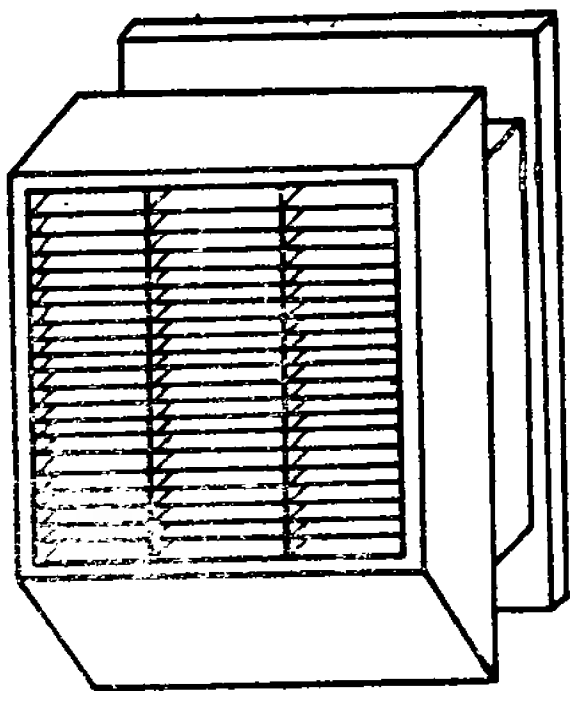


图7-8　双面壁装换气扇外形图（日本产）

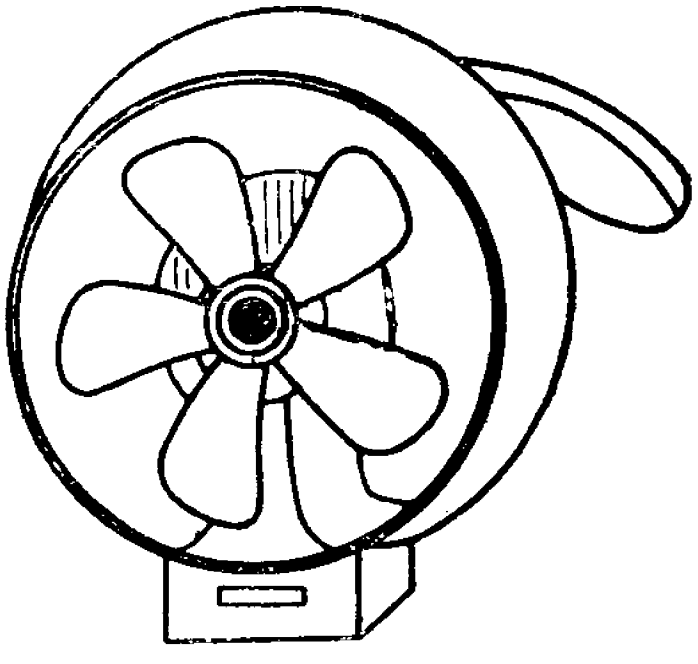


图7-9　玻璃窗式换气扇外形图

玻璃窗式换气扇如图7-9所示。其主要特点之一是轻巧，可嵌于3～6mm厚的玻璃上，可用于大面积的玻璃窗、厨房、食品柜、陈列窗等。其外框是注塑成形的、轻巧、坚固、易于安装。有的款式以一块圆型板代替百叶窗，亦很新颖别致，不失其美观和实用性。

钻石牌百叶窗式排气扇如图7-10所示。这种百叶窗式排风扇，属于普通型、单向排气、百叶窗式壁装换气扇。将风扇框架嵌入墙孔，百叶窗向户外，不工作时可关闭，隔断室内外的气体和热量交换，具有防雨、防风、防尘防虫、防噪音和保温的作用。室内一侧的造型和装璜可多样变化，美观大方，适应范围也广泛，可用于厨房、卫生间等。装有前装饰保护罩的排风扇安装高度不受限制。若无前罩，应安在2.5m以上高度，以保障安全。

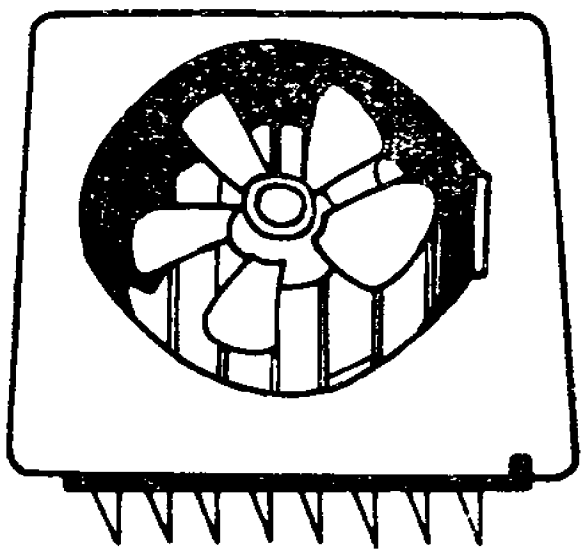


图7-10　百叶窗式排风扇外形图

开敞式简易排风扇如图7-11所示。其结构及其外形与生产场所用的排气扇相似，但其功率较小，结构简单，造价低，适于对装饰要求不高和需要隔离的场所。

随着城乡建设楼房的速增，排气扇、换气扇的应用会有更大发展。因为新鲜洁净的空气，是环境良好的第一条件。城市工业水平较高，故而，居住环境空气的新鲜程度必然受到一定的影响。城市卫生标准规定，室内二氧化碳的最高浓度不得超过0.1%，每人每小时对新鲜空气的需要量至少为17m^3（安静状态，人均容积

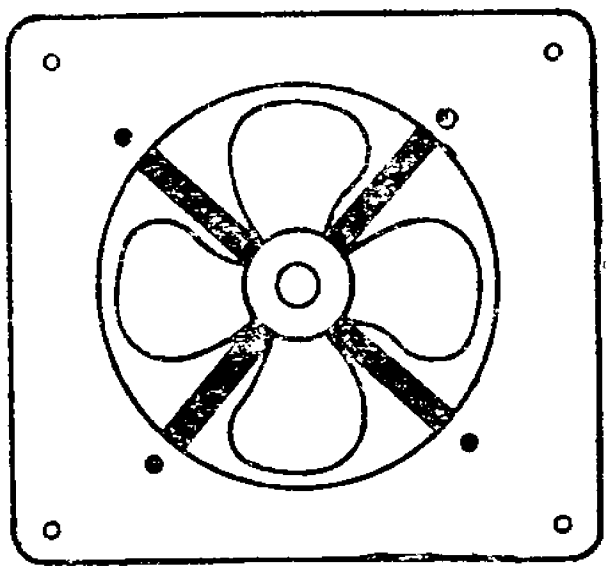


图7-11　开敞式简易排气扇外形图

11.5m³时），各种场所需要换气约为5～20r/h（次/小时）。换气扇对于保护人民的身体健康、通风防毒、引入新鲜空气、调节室内湿度，温度等方面大有用场，是空调和电风扇所不能及的理想通风装置。

三、电风扇外型趋向薄型化

薄型电风扇与普通电风扇的外型不同，电扇的整体厚度、基本比普通电风扇的厚度减小1/2，约150mm左右，占室内空间小，易于放置，也可挂在墙上，起装饰作用，成为点缀房间的艺术品，但不失其实用的各种性能。

四、电风扇摇头机能的新要求

一般扇头可作水平90°角摇摆，而今发展到上下左右复合转动——立体扇头。又如五向摇摆走珠电扇，可在前、后、左、右、上五种方向上任意选择，每一方向上均可摇摆90°角。再如，对扇头摇摆角度可选择的电扇需求量增多。现在有的电扇可自由选择摇摆角度，40°——80°——120°和50°——75°——100°可任选。

五、扩大定时选择范围，采用微机控制

定时器在电扇上是一项必不可少的装置。消费者对定时器的技术性能的要求正在逐年提高，由有阶段的定时到可以自由定时，由一小时、二小时的定时范围扩大到六小时、八小时，并且可以通微机控制在定时范围内按输入的信号记忆自动开停风扇、自动

调整变换强、中、弱风、阵风或仿自然风。

六、塑料风扇

ABS塑料风扇的工艺造型可快速更新，制造简单，材料来源广，可大量节约金属材料，能防腐防锈，色调种类多。

塑料风扇，并不是所有的零部件都是用塑料制造，其电气结构与金属材料制造的风扇一样，使用和维修也大体相同。

塑料风扇的缺点是：

（1）不宜置于阳光长时间照射的地方；

（2）不宜置于温度过高的地方（只耐温100℃）；

（3）不宜置于煤火和烟熏的地方；

（4）不宜磕碰、不宜置于过低温处。

否则将加速塑料老化或变质发黑、破裂，影响使用寿命和外形美观。

附　录

为了维修、学习和工作的方便，在附录中选录了一些修理电风扇时常用的数据、材料型号及用途。对风扇中损耗性较大的零部件均例表说明。

内容包括

附表一　部分牌号电风扇的主要技术数据

附表二　电抗器绕组的技术数据

附表三　钻石牌台风扇线模尺寸

附表四　钻石牌风扇线模尺寸

附表五　华生牌风扇线模尺寸

附表六　风扇主要易损零件规格

附表七　各种绝缘材料的名称及用途

附表一　部分牌号电风

名称 \ 牌子	华生			钻石			
规格	400 mm	350 mm	300 mm	400 mm	350 mm	300 mm	200 mm
风叶扭角高度（mm）	60			72	64	72	61
每档各级功率（W）				60、50、40、35	50、40、30、26	45、35、32	28、18
摇摆角（度）	90	90		100	100	90	90
输入功率（W）	66	52		60	50	45	28
定子外圆（mm）	88	88		88	88	85.5	60
转子外圆（mm）	44	44		48.3	48.3	45.8	29.3
气隙（mm）	0.35	0.35		0.35	0.35	0.35	0.35
定子铁芯长度（mm）	32	32		35	20	20	25
定子槽数	8	8		16	16	16	2
转子槽数	17	17		22	22	22	15
主相绕组线径（mm）	φ0.23	φ0.23	φ0.1	φ0.23	φ0.21	φ0.17	φ0.17
匝数	530	560	634	570	720	800	1270
线圈数	4	4	4	4	4	4	4
副相绕组线径（mm）	φ0.17	φ0.19	φ0.19	φ0.19	φ0.17	φ0.15	短路铜环 1×5
匝数	890	790	620	720	930	1000	2
线圈数	4	4	4	4	4	4	2
槽绝缘等级	A	A	A	A	A	A	A
轴承直径（mm）	7.8	7.8	8	8	8	8	6
风量值m^3/min	70	52		75	55	50	19.3
台风扇总重（kg）	6			8.6	8.2	5.2	2.05
调速方法	电抗器	电抗器		电抗器	电抗器	抽头	电抗
电容器容量（μF）	1.2	1.2	1.5	1.2	1.0	1	

扇的主要技术数据

五	羊		宝石花	海鸥	天鹅
400 mm	350 mm	300 mm	300 mm	300 mm	300 mm
69	68	65	65	72	65
			42、34、30	46 35 30	
			90	90	90
57～61			44	46	42
88.4			78	82	80
48.3			43.8	43.8	43.9
0.35			0.35	0.38	0.30
32			22	24	26
16			16	16	16
22			22	22	22
φ0.21	φ0.19	φ0.17	φ0.17	φ0.17	φ0.19
540	750	800	800	800×4	800
4	4	4	4	4	4
φ0.19	φ0.17	φ0.15	φ0.15	φ0.15	φ0.15
350 +350	480 +480	600 +400	1000	1000	960
4	4	4	4	4	4
E	E	E	A	A	A
8	8	8	φ9.5	φ7.8	φ 8
			4.75	42	51
7.5	6.5	5.8	4.75	6	5.5
抽头	抽头	抽头	抽头	抽头	抽头
1.2	1.2	1.0	1.0	1.2	

（续）

名称 \ 牌子 / 规格	飞鹿 400mm	金鹿 400mm	春蕾 350mm	友谊 350mm	航海 300mm	金碟 300mm
风叶扭角高度（mm）	70	72	61	65	40	75
每档各级功率（W）		55 50 45 40	50 42 36		40 20	
摇摆角（度）	100	100	90	90	85	80
输入功率（W）	58	55	50	54	44	45
定子外圆（mm）	88	88	78	88	73	88
转子外圆（mm）	48.3	48.3	43.8	48.3	39.6	48.3
气隙（mm）	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
定子铁芯长度（mm）	35	35	25	25	26.5	22
定子槽数	16	16	16	16	16	16
转子槽数	22	22	22	22	22	22
主相绕组线径（mm）	φ0.23	φ0.23	φ0.17	φ0.21	φ0.15	φ0.17
匝数	570	570	750	720	840	800
线圈数	4	4	4	4	4	4
副相绕组线径（mm）	φ0.19	φ0.19	φ0.15	φ0.17	φ0.15	φ0.15
匝数	720	720	600+500	930	900	1000
线圈数	4	4	4	4	4	4
槽绝缘等级	E	A	A	E	E	A
轴承直径（mm）	φ8	φ8	φ9.5	φ8	滚珠18* 8×22×7	φ8
风量值m^3/min	72	82	60	57	57	45
台风扇总重（kg）	8	8	7.5	7.5	2.6	13
调速方法	电抗	电抗	抽头	电抗	抽头	抽头
电容器容量（μF）						

附表二　电抗器绕组的技术数据

（单位：mm）

台风扇规格	电压（V）	电抗器技术数据						铁芯长度
		主相线圈		副相线圈		灯丝线圈		
		线径	匝数	线径	匝数	线径	匝数	
200	200	0.170	1600					12
	220	0.170	1800					12
350	110	0.274	350 170 110	0.193	500	0.193	65	17.5
	200	0.213	750 350 200	0.193	800	0.193	70	17.5
	220	0.213	750 750 220	0.193	800	0.193	70	18.5
400	110	0.335	250 100 106	0.274	450	0.193	65	18
	200	0.23	470 270 190	0.193	700	0.193	65	18
	220	0.23	470 270 190	0.193	700	0.193	65	18

附表三　钻石牌台风扇线模尺寸（mm）

规格		序号	八槽		十六槽	
			主相	副相	主相	副相
抽头式线模	300mm	A	46	47	45	46
		B	32	33	31	32
		C	50	55	45	50
		D	36	41	31	35
		E	7	8	7	8
	400mm	A	56	57	55	56
		B	42	43	41	42
		C	50	55	45	50
		D	36	41	31	35
		E	7	8	7	8

附表四　钻石牌风扇线模尺寸（mm）

规格		序号	十六槽	
			主相	副相
电抗器式线模	350mm	A	52	52
		B	37	37
		C	54	50
		D	39	35
		E	8	8
	400mm	A	62	62
		B	44	44
		C	54	50
		D	39	35
		E	8	8

附表五　华生牌台风扇的线模尺寸(mm)

规格	线模尺寸	规格	线模尺寸
400mm	47×34×4.5(四角R3)	300mm	41×34×4.5(四角R3)
350mm	47×34×4.5(四角R3)	250mm	35×34×4.5(四角R3)

附表六　风扇主要易损零件规格

零件名称 \ 牌子 / 规格		华生			钻石			
		400 mm	350 mm	300 mm	400 mm	350 mm	300 mm	200 mm
风叶	型式	螺旋桨形	螺旋桨形		螺旋桨形	螺旋桨形	螺旋桨形	螺旋桨形
	规格（mm）	400	350		400	350	300	200
网罩	型式	放射形	放射形		放射形	放射形	放射形	放射形
	规格（mm）				466	420	384	243
含油轴承	型式	直伸	直伸		直伸	直伸	直伸	球型
	规格（mm）	7.8	7.8		φ8	φ8	φ8	φ6
转子	型式	鼠笼	鼠笼		鼠笼	鼠笼	鼠笼	鼠笼
	规格（mm）	32	32		35	20	20	25
钢丝软轴	外套管长				653	653	604	234
	钢丝长度				690	690	668	299
仰俯控制螺钉	型式							
	规格	M8	M8		M8	M8	M5	M5
灯珠	型式				螺旋	螺旋	螺旋	螺旋
	规格（V）				6.3	6.3	6.3	6.3
旋钮	插孔（mm）				φ5	φ5	φ9	φ9
	深度（mm）				11.5	11.5	12	12
调速开关	型式	琴键	琴键		琴键	琴键	琴键	琴键
	规格	三速	三速		四速	四速	三速	三速
斜齿轮（齿）					50	50	50	47
直齿轮（齿）					61	61	61	61
调角盘孔直径（mm）					14	14	11.5	8
摇摆连杆中心距（mm）					82	82	97.3	59
电容器容量（μF）		1.2	1.2	1.5	1.2	1.0	1	
摇头开关主轴直径					φ5	φ5	φ9	φ9
啮合轴齿数					12	12	12	10

零件名称 \ 牌子 / 规格		五羊			宝石花	海鸥
		400 mm	350 mm	300 mm	300 mm	300 mm
风叶	型式	芒果形	芒果形	芒果形	芒果形	芒果形
	规格（mm）	400	350	300	300	300
网罩	型式	放射形	放射形	放射形	放射形	放射形
	规格（mm）	470	420	374	372	380
含油轴承	型式	直伸	直伸	直伸	球型	球型
	规格（mm）	φ8	φ8	φ8	φ9.5	φ7.8
转子	型式	鼠笼	鼠笼	鼠笼	鼠笼	鼠笼
	规格（mm）	32	20		20	
钢丝软轴	外套管长	514	514	514	505	
	钢丝长度	570	570	570	588	457
仰俯控制螺钉	型式					
	规格	M8	M8	M8	M8	M8
灯珠	型式	插式	插式	插式	螺旋	螺旋
	规格（V）	6～8	6	6		6.3
旋钮	插孔（mm）				φ9	
	深度（mm）				15	
调速开关	型式	琴键	琴键	琴键	琴键	琴键
	规格	三速	三速	三速	三速	三速
斜齿轮（齿）		50	50	50	50	52
直齿轮（齿）		61	61	61	61	62
调角盘孔直径（mm）		14	14	14	8	10
摇摆连杆中心距（mm）		75	75	75	79	
电容器容量（μF）		1.2	1.2	1.0	1	1.2
摇头开关主轴直径		φ8	φ8	φ8		按钮
啮合轴齿数		12	12	12	14	12

（续）

天鹅	飞鹿	金鹿	春蕾	友谊	航海	金碟
300 mm	400 mm	400 mm	350 mm	350 mm	300 mm	300 mm
芒果形	芒果形	芒果形	芒果形	芒果形	螺旋桨形	螺旋桨形
300	400	400	350	350	300	300
放射形	放射形	放射形	放射形	放射形	放射形	放射形
350	460	465	410	420	323	
球型	直伸	直伸	球型	直伸	滚珠	球型
φ 8	φ 8	φ 8	φ 9.5	8	8	8
鼠笼	鼠笼	鼠笼	鼠笼	鼠笼	鼠笼	鼠笼
26	35	35	25	25	26	22
510	545	546	447	500		580
560	622	622	508	477		630
M 8	M 8	M 8	M 8	M 8	M 6	M 8
螺旋	螺旋	插式和螺旋	螺旋	螺旋		螺旋
6～8	6	6～8	6～8	6		6～8
5	7	5	9	5	5	5
12	12	10	14	12	11	9
琴键	琴键	琴键	琴键	琴键	旋钮	琴键
三速	四速	四速	三速	三速		三速
50	50	50	50	50	60	50
61	61	61	61	61	62	61
8	14	14	17	14		13
83	82	82	80	81	48	46
1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.0
φ 5	φ 7	φ 5	φ 9		φ 8	φ 8
12	12	12	12	12	14	

附表七　各种绝缘材料的名称及用途

型号	材料名称	耐热等级	允许工作温度(℃)	用途
1032	三聚氰胺醇酸漆	B	130	用于电动机、电器线圈浸渍和部件表面防潮处理
1031	丁基酚醛醇酸浸渍漆	B	130	
1033	环氧树酯浸渍漆	B	130	
2820	聚酯薄膜	E	120	用于电动机、电器包扎绝缘槽绝缘及组合绝缘
2920	聚酯薄膜复合纸板	E	120	用于电动机的槽绝缘
2432	醇酸玻璃漆布	B	130	用于电动机、电器包扎绝缘与组合绝缘
2930	聚酯薄膜复合黄绸玻璃漆布	B	130	用于电动机槽绝缘
3240	环氧酚醛玻璃布板	F	155	槽楔等绝缘结构件
3231	苯胺酚醛玻璃布板	B	130	
3232	酚醛玻璃布板	B	130	
3022	酚醛纸板	E	120	